

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Technologie montáže buginy**

**Assembly Technology of the Buggy**

**Diplomant:**

**Vedoucí diplomové práce:**

**Bc. Vladimír Zbožínek  
doc. Ing. Petr Tomčík, Ph.D.**

**Ostrava 2011**

#### **Prohlášení diplomanta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé diplomové práce může být naloženo dle uvážení vedoucího diplomové práce jako spoluautora a doporučení vedoucího katedry. V případě publikace výsledků nebo její význačné části budu uveden jako spoluautor.

V Ostravě 23.5.2011

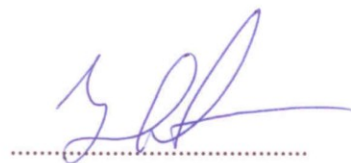


Bc. Vladimír Zbožínek

**Prohlašuji, že**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst.3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- было́ сже́днано, že VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сже́днано, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 23.5.2011



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Vladimír Zbožínek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Neradice 2271, Uherský Brod 68801

**ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

ZBOŽÍNEK, V. *Technologie montáže buginy: diplomová práce*. Ostrava: – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2011, 60 s. Vedoucí práce: Tomčík P.

Diplomová práce se zaměřuje na návrh jednotného technologického postupu montáže, včetně kapitol zaměřujících se na zprovoznění a údržbu Buggy 260. Diplomová práce byla sestavena do jednotlivých kapitol dle zadání. Technologický postup byl zpracován formou devatenácti montážních sestav obsahujících prostorový model sestavy, schéma návaznosti montáže a rohové razítko s kusovníkem, ve kterém je stanoven doporučený utahovací moment. Ke každé montážní sestavě byla také vytvořena animace, znázorňující postupné skládání dílů do jednotlivých sestav. Technologický postup byl využit při výukových kurzech technologie montáže realizované na půdě VŠB-TUO.

**ANNOTATION OF MASTER THESIS**

ZBOŽÍNEK, V. *Assembly Technology of the buggy: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of mechanical technology, 2011, 60 p. Thesis head: Tomčík P.

The thesis is focuses on proposal of a standardized technological process of assembly, including the chapters focusing on commissioning and maintenance of the Buggy 260. The graduation thesis was compiled to the each chapter according to submission. For the technological process was developed nineteen assemblies, each contain space model of assembly, assembly diagram, corner title with piece list in which is set out the recommended tightening torque. To every assembly group was also created animation which showing a gradual composing of parts into individual assemblies. These technological processes were used in education subject - Technology of assembly, implemented in education on VŠB-TUO.



## Obsah

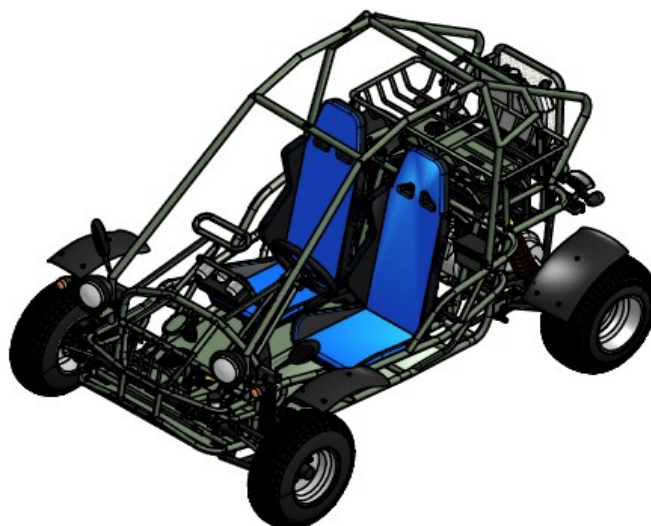
<b>Obsah</b>	<b>5</b>
<b>1. Úvod</b>	<b>6</b>
<b>2. Popis Buggy 260</b>	<b>7</b>
2.1. Základní popis .....	7
2.2. Technické parametry Buggy 260 .....	8
<b>3. Teoretická část – teorie montáže</b>	<b>9</b>
3.1. Ruční montážní systémy .....	9
3.2. Manipulační prostor .....	15
3.3. Osvětlení pracoviště .....	18
3.4. Zásady pro navrhování montážních systémů .....	19
3.5. Lidský faktor při montáži .....	19
<b>4. Praktická část - zpracování technologického postupu</b>	<b>21</b>
4.1. Metodika zpracování 3D modelu Buggy 260 .....	22
4.2. Příklad konkrétního postupu montáže .....	31
4.2.1. Jednotlivé části montážního postupu .....	31
4.2.2. Vygenerované animace prostorových montážních schémat .....	34
4.2.3. Stanovení pevnosti a utahovacího momentu šroubů .....	35
4.3. Prostředky nutné pro montáž .....	37
4.4. Návrh technologického postupu montáže následujících skupin .....	39
4.4.1. Hnací skupiny, nápravy, řízení .....	39
4.4.2. Montáž interiéru .....	39
4.4.3. Zprovoznění, seřízení, elektroinstalace .....	40
<b>5. Provedení pilotní montáže dle navrženého technologického postupu</b>	<b>53</b>
<b>6. Závěr</b>	<b>56</b>
<b>7. Použitá literatura</b>	<b>57</b>
<b>8. Seznam obrázků</b>	<b>58</b>
<b>9. Seznam tabulek</b>	<b>59</b>
<b>10. Seznam příloh</b>	<b>60</b>

## 1. Úvod

Tato diplomová práce se zabývá technologií montáže Buggy 260, včetně kapitol na zprovoznění Buggy 260. Dále pak na údržbu a kontrolu stavu provozních kapalin a dílů podléhajícím intenzivnímu opotřebení, jako jsou brzdové destičky, pneumatiky, vzduchový filtr, palivový filtr, zapalovací svíčka.

Zadavatelem diplomové práce je Ústav progresivních technologií pro automobilový průmysl na Fakultě metalurgie a materiálového inženýrství. Diplomová práce je sestavena do jednotlivých kapitol dle zadání obsahující: představení Buggy 260, stručné shrnutí poznatků z teorie montáže, praktickou část, kde je podrobně popsán vznik technologických postupů, dále kapitolu věnovanou uvedení do provozu Buggy 260, dále kapitolu ve které je popsáno využití diplomové práce. Výstupem práce je technologický postup sloužící k sestavení a zprovoznění Buggy 260, který slouží jako podklad pro výukové kurzy technologie montáže a pro výzkumné a vývojové aktivity v oblasti provozního měření realizované na půdě VŠB-TUO.

Model vytvořený pro zpracování diplomové práce byl dále využit pro vývoj softwaru pro měření vibrací a jízdního komfortu Buggy 260. Technologický postup montáže je zpracován pomocí softwaru Autodesk Inventor Professional 2010 ve formě výkresové dokumentace, obsahující: prostorové zobrazení sestavy, schéma ze kterého je patrná souslednost a všechny další údaje a parametry nutné pro montáž. Ke všem dílčím sestavám technologického postupu jsou vygenerovány animace sloužící ke zpřehlednění a zjednodušení montáže ve výukových kurzech.



Obr. 1 Buggy 260

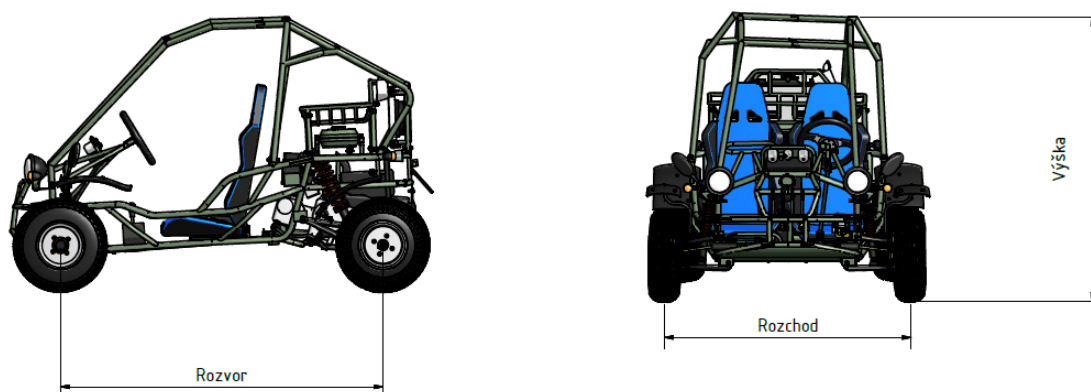
## 2. Popis Buggy 260

### 2.1. Základní popis

Buggy 260 je dvoumístným ATV (all terrain vehicle) vozidlem sloužící k jízdě po silnici i po nezpevněných komunikacích. Karoserii tvoří svařovaný rám z trubek o průměru 32 mm tl. 1,5 mm. Spodní část rámu, včetně podlahy, je svařena v jeden celek. Vrchní část rámu sloužící k ochraně posádky při případném převrácení vozidla a je tvořena také z trubek průměru 32 mm tl. 1,5 mm. Rám je osazen čtyřtákním zážehovým motorem o výkonu 11 kW a objemu 257 cm<sup>3</sup>, který pohání přes variátor a stálý převod zadní nápravu. Součástí převodového ústrojí je také diferenciál a odstředivá spojka.

Součástí Buggy 260 je hydraulický brzdový systém, který je rozdělen na dva nezávislé okruhy. Brzdový systém přivádí prvním okruhem brzdovou kapalinu do předních brzdových třmenů, které brzdí přední vzduchem chlazené brzdové kotouče o průměru 130 mm. Druhý brzdový okruh je přiveden na zadní třmeny, které brzdí zadní také vzduchem chlazené kotouče o průměru 180 mm.

Buggy 260 splňuje předpisy pro provoz na pozemních komunikacích, proto je buggy vybavena registrační značkou a potřebným příslušenstvím jako je: ruční brzda, zrcátka, čtyřbodové bezpečnostní pásy, odrazky, klakson, ukazatele směrových světel, atd.



Obr. 2 Rozměrové schéma Buggy 260

## 2.2. Technické parametry Buggy 260

Tab. 1 Technické parametry Buggy 260 [1]

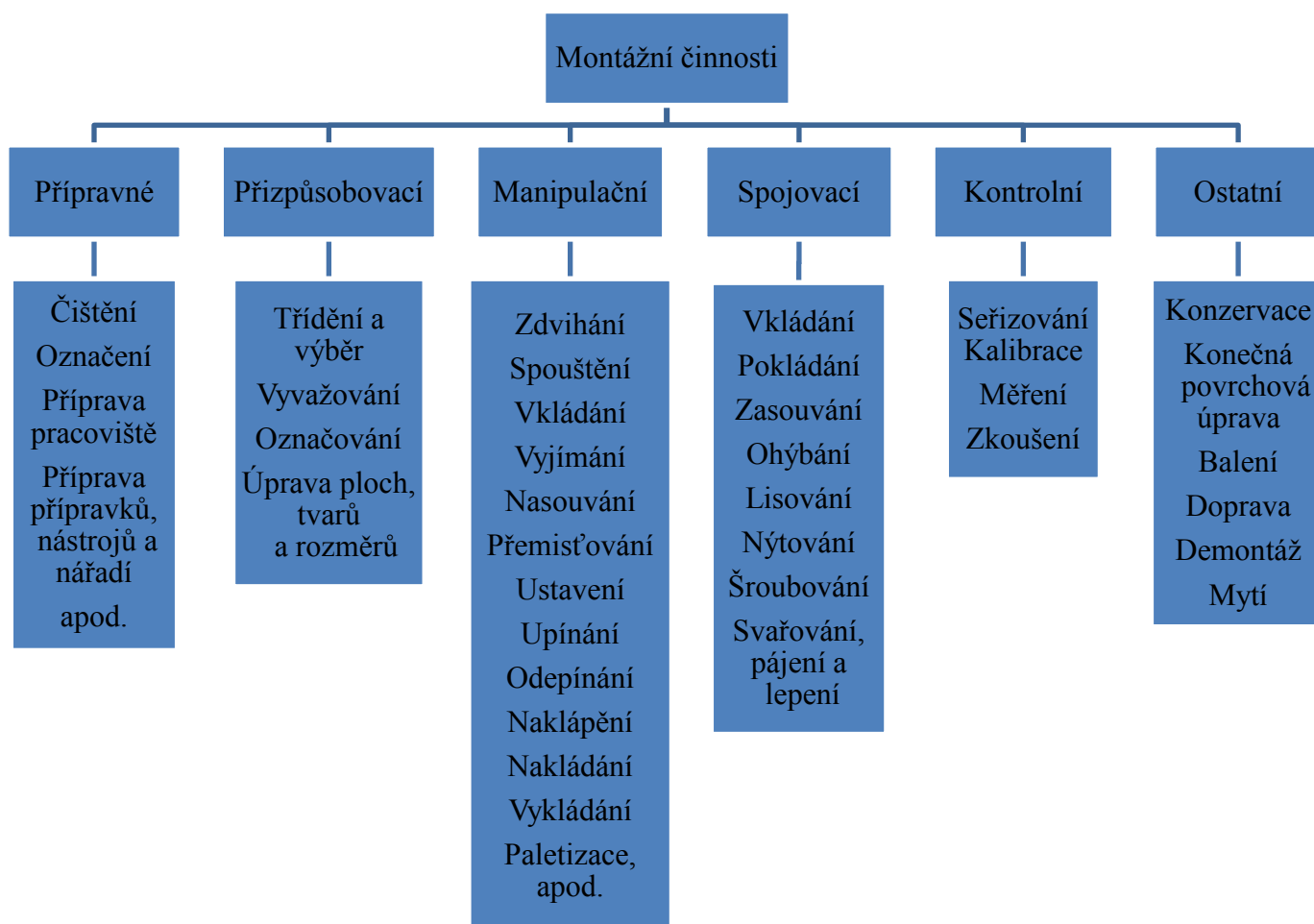
Průměr trubky rámu	32 mm x 1,5 mm
Rozvor	1870 mm
Délka	2470 mm
Šířka	1570 mm
Výška	1535 mm
Provozní hmotnost	380 kg
Motor	čtyřtákní, kapalinou chlazený jednoválec
Zdvihový objem	257 ccm
Max. výkon	11 kW/ 7000ot./min
Max. rychlost	70 km/h
Kola, pneumatiky přední	21x 8-10"
zadní	22x 11-10"
Brzdy	kotoučové
Převodové ústrojí	variátor
Kapacita palivové nádrže	9,5 l
Kapacita oleje v motoru	1,18 l
Motorový olej	15W-50
Zapalování	elektronické C.D.I.
Zapalovací svíčka	DPR5EA- 9 (NGK) (0,8-0,9mm)
Startér	elektrický
Baterie	12 V - 14 Ah
Pojistka	10 A

### 3. Teoretická část – teorie montáže

Následující kapitola obsahuje stručné shrnutí z teorie montáže. Vzhledem k charakteru diplomové práce byly shrnuty poznatky týkající se ručních montážních systémů obsahující přehled vytváření montážních systémů, technologickou přípravu, ergonomii pracovního prostředí, manipulační prostor pro montáž, zásady pro navrhování montážních systémů a lidský faktor při montáži.

#### 3.1. Ruční montážní systémy

Většinu operací (činností) zde provádí člověk. Níže je uvedeno schéma členění montážních činností.



Obr. 3 Schéma rozdělení montážních činností [2]

Ruční montáž je velice závislá na vlastnostech člověka, které omezují tyto montážní systémy. Podle počtu prováděných operací můžeme ruční montáž rozdělit na:

- jednodruhovou montáž
- vícedruhovou montáž

Pro vysokou spolehlivost, přesnost a rychlost ruční montáže je potřeba zajistit jisté „humánní podmínky“. Z pohledu těchto podmínek se ruční montážní systémy zabývají:

- **Proveditelnost úkolu** – ergonomie, antropologické, psychofyzické a technické podmínky.
- **Optimální výkonnosti** – ergonomie, pracovně-zdravotní, technické a fyziologické aspekty.
- **Uspokojení z výsledků** – sociologie, psychologie, personalistika.
- **Pracovní pohoda** – pracovní a sociální psychologie, personalistika.

### **Vytváření systému ruční montáže**

U vytváření systému ruční montáže postupujeme ve 3 krocích:

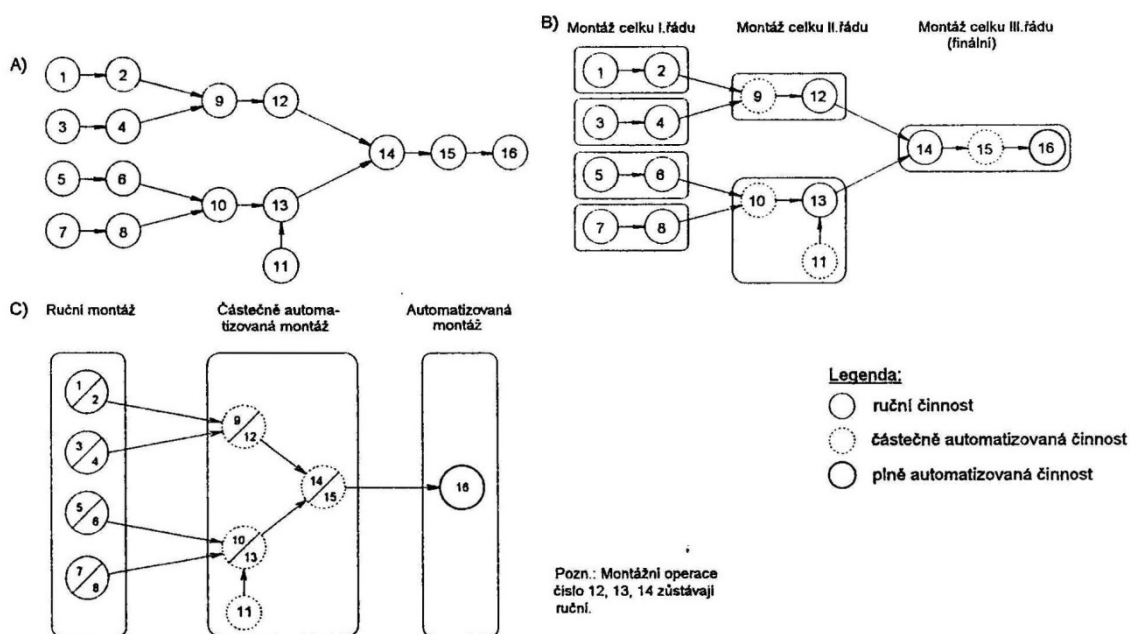
- Technologická příprava
- Vytváření struktury
- Ergonomická příprava

### **Technologická příprava**

Předpoklad je, že montovaný výrobek (jeho konstrukce) odpovídá rámcovým představám montáže. Rozděluje montážní činnosti mezi stroje a člověka. Určení struktury montáže, náplně práce, potřebného času pracovišť, organizace montáže. Rozčlenění průběhu montáže na součásti, skupiny (montážní celky).

Tab. 2 Struktura montážních činností[3]

Pořadové číslo	Popis montážní činnosti	Předchozí činnost	Následující činnost
1	Příprava součástí pro podskupinu A	-	2
2	Montáž součástí podskupiny A do rámu	1	9
3	Příprava součástí pro podskupinu B	-	4
4	Montáž součástí podskupiny B na držák	3	9
5	Příprava součástí pro podskupinu C	-	6
6	Montáž součástí podskupiny C do rámu	5	10
7	Příprava součástí pro podskupinu D	-	8
8	Montáž součástí podskupiny D na držák	7	10
9	Montáž podskupin A a B do skříně ke skupině E	2,4	12
10	Montáž podskupin C a D do upínacího rámu ke skupině F	6,8	13
11	Nalepit štítky	-	13
12	Přezkoušení jakosti skupiny E a odstranění závad	9	14
13	Přezkoušení jakosti skupiny F a odstranění závad	10,11	14
14	Konečná montáž	12,13	15
15	Přezkoušení celkové funkce výrobku	14	16
16	Balení	15	-



Obr. 4 Struktura montážních činností [3]

### Vytváření struktury

Rozdělením pracovní činnosti mezi jednotlivé pracovníky a různá pracoviště stoupá efektivita montáže. Nutno řešit spojení mezi pracovišti, prostorové uspořádání.

### Ergonomie a pracovní prostředí

Veliké rozčlenění montážních operací způsobuje krátké monotónní opakující se práce (duševně namáhavé činnosti, zatěžování jen určitých částí lidského těla), z toho

pak plyne nadbytečnost vyšší kvalifikace. Stoupají náklady na manipulaci s materiálem, kontrolu kvality (klesá spolehlivost montážních prací), přípravu montáže a rozsáhlejší montážní systém.

Výhodami může být rychlejší zaškolení pracovníků, nižší kvalifikace, postupným trénováním se snižuje čas montáže, nižší mzdové náklady, vysoký pracovní výkon. Je potřeba najít vhodný kompromis mezi rozčleněním montáže, náklady a pracovním pohodlím montážních dělníků.

Tab. 3 Optimalizace montážní činnosti [3]

Přínosy	Metoda	Střídání pracovních míst	Zvětšení rozsahu prací	Obohacení prací	Autonomní montážní skupiny
Snížení náchylnosti systému k poruše		•	•	•	•
Zvýšení pružnosti systému		•	•	•	•
Zlepšení kvality výrobku		•	•	•	•
Decentralizace řízení montáže				•	•
Snížení nepřítomnosti na pracovišti				•	•
Snížení fluktuace				•	•
Zvýšení uspokojení z výsledků práce		•	•	•	•
Zvýšení zájmu o práci		•	•	•	•
Zvýšení motivace k práci		•	•	•	•
Snížení fyzického zatížení		•			•
Snížení monotónnosti práce		•			•
Střídání psychického a fyzického zatížení			•	•	
Zamezit nevytíženosti			•	•	
Podpořit sociální kontakty					•
Zlepšit komunikaci					•
Přizpůsobení životnímu prostředí					•
Zvyšování kvalifikace		•	•	•	•
Zvýšení odpovědnosti				•	•
Zvětšit prostor pro jednání				•	•
Zohlednit individuální rozdíly					•
Podpořit samostatné rozhodování				•	•
Umožnit seberealizaci				•	•

Kde je potřeba velkého rozčlenění výroby, je možno pro zlepšení pracovního pohodlí (výkonnosti, spolehlivosti, atd.) zmenšení jednotvárnosti práce provést:

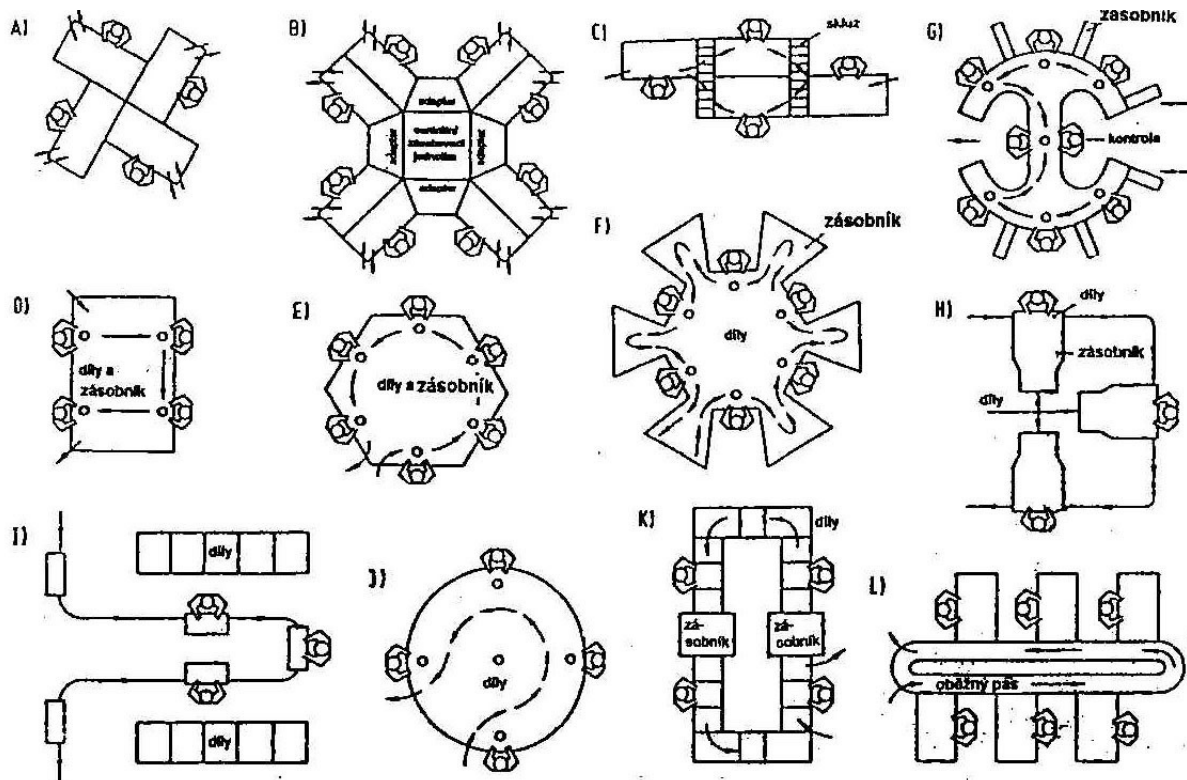
- střídáním pracovních míst (interval dny až týdny),
- rozšíření pracovní činnosti (tím se zvedne zajímavost jejich práce),
- obohacení obsahu práce,
- zavedení montážní skupiny (3-10 osob, stoupá kvalita, roste čas montáže).



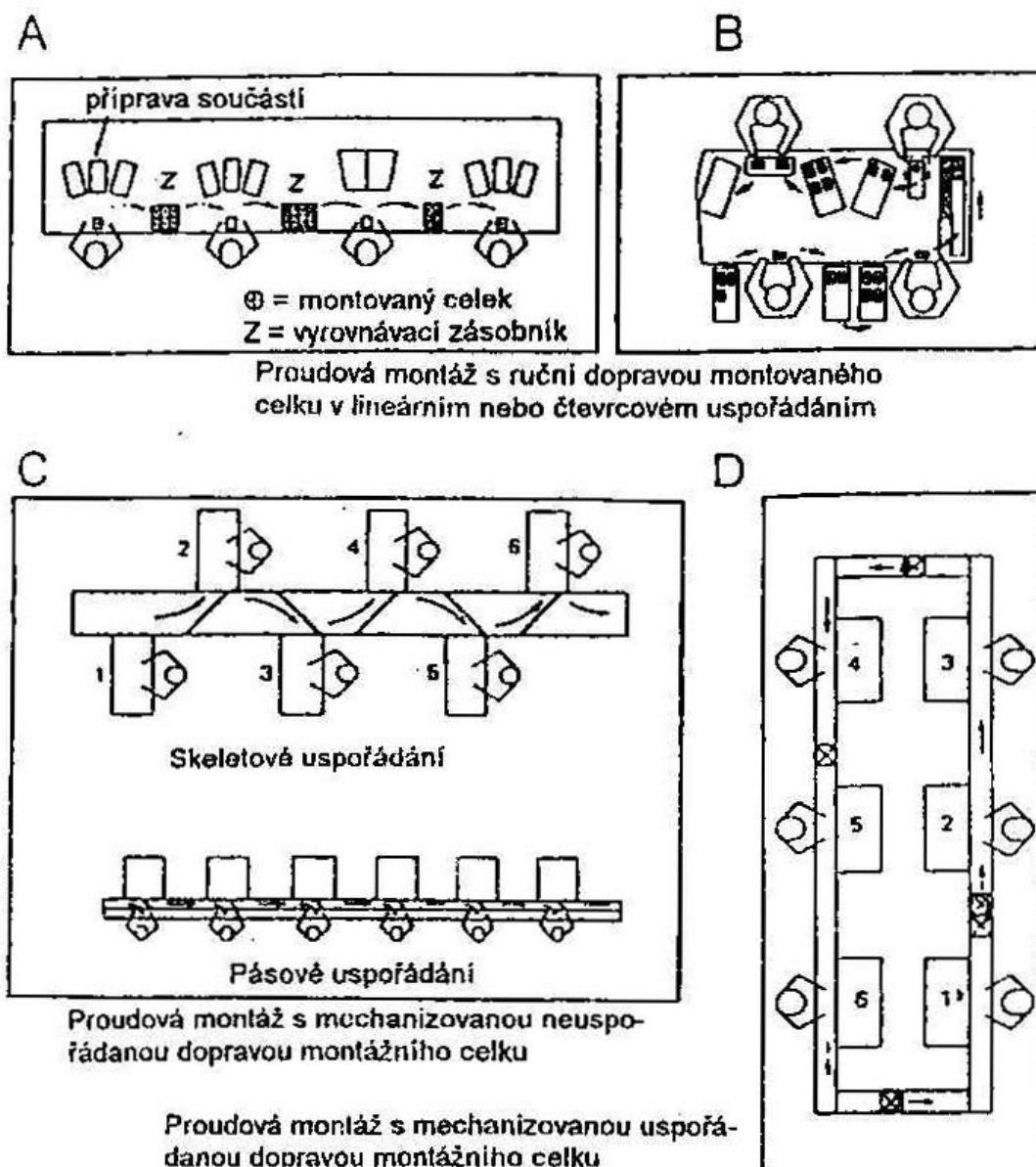
Při posuzování ergonomie pracoviště je potřeba brát v úvahu kinematiku člověka a jeho silové parametry. Dále je nutno brát v úvahu časové změny těchto vlastností v průběhu směny (fyzická a duševní únava). Oproti tomu má rozumové vlastnosti se schopností improvizace v případě problému, apod.

### Montážní pracoviště

Při rozčlenění montážního systému vzniká nutnost propojení dopravou (jak z prostorového tak časového hlediska). Přednostně se pracoviště uspořádávají do linek, než do jiných struktur. Ale z důvodu různé výkonnosti je možno použít kombinace ruční-automatické montáže, pak je potřeba zásobníků (mezioperačních skladů, vyrovnávacích zásobníků). Doprava je buďto přímo montážními pracovníky nebo pomocí strojů, pásu. Pohyb dopravníku v taktu nebo plynulý. Pak nejsou přípustné velké rozdíly ve výkonu ručních montážních pracovišť. Zásobníky není možné dát na každé pracoviště, proto se volí na kritická místa v montáži. Volba jejich umístění je většinou podle zkušeností při projektování montážního systému. Může je nahradit i vhodný dopravník. Zásobníky, dopravníky a montážní pracoviště se různě kombinují.



Obr. 5 Rozdělení montážních pracovišť [3]



Proudová montáž s ruční dopravou montovaného celku v lineárním nebo čtvercovém uspořádání

Proudová montáž s mechanizovanou neuspořádanou dopravou montážního celku

Proudová montáž s mechanizovanou uspořádanou dopravou montážního celku

Obr. 6 Rozdělení proudové montáže [4]

### Výhody vyrovnávacích zásobníků

- Zkrácení ztrátových časů při poruchách → snížení nákladů.
- Snížení počtu zastupujících pracovníků → snížení nákladů.
- Snížení výrobních ztrát vlivem individuální výkonnosti.
- Možnost přípravy pracoviště na novou práci, bez výpadku ostatních pracovišť.
- Možnost individuálních pracovních přestávek.
- Nezávislost na taktu ostatních pracovišť.

## Nevýhody

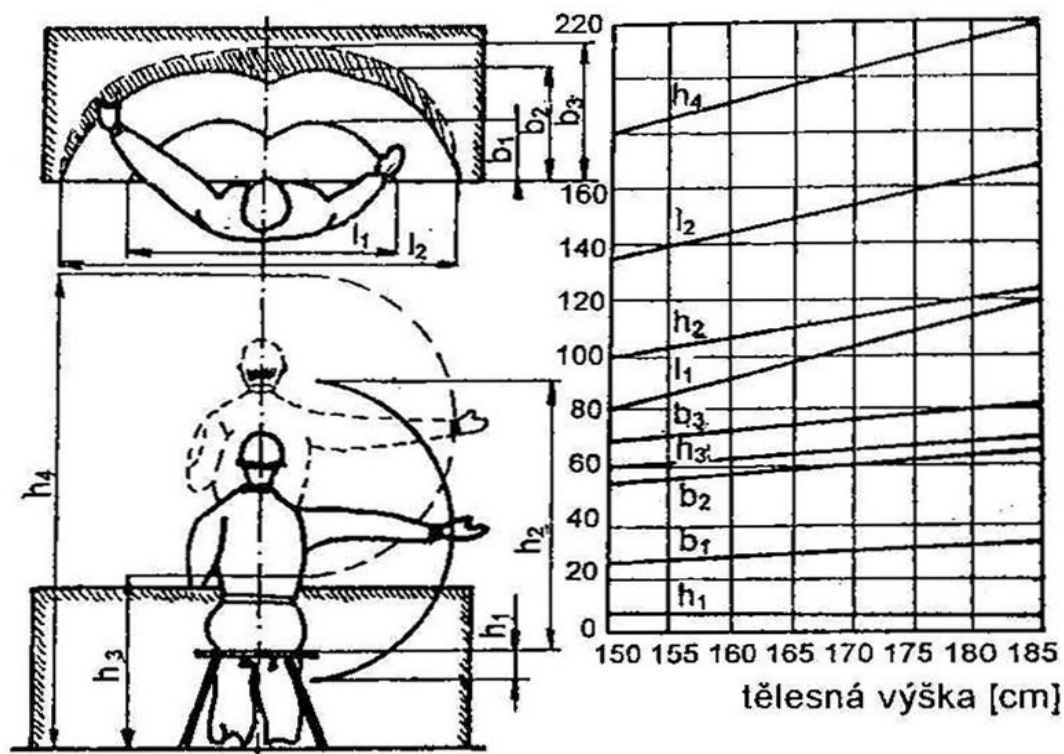
- Zvýšení půdorysné plochy montážního pracoviště.
- Zvýšení investičních nákladů nejen na větší plochu, ale i stroje a zařízení.

## 3.2. Manipulační prostor

Je to prostor, v němž se vykonává montáž. Je velmi nezbytné, aby manipulační prostor byl optimální velikosti a polohy. To pak umožní montážním dělníkům podávat nejlepší výkony po dlouhou pracovní dobu. Optimální prostor se navrhuje pro průměrného pracovníka s možností změn.

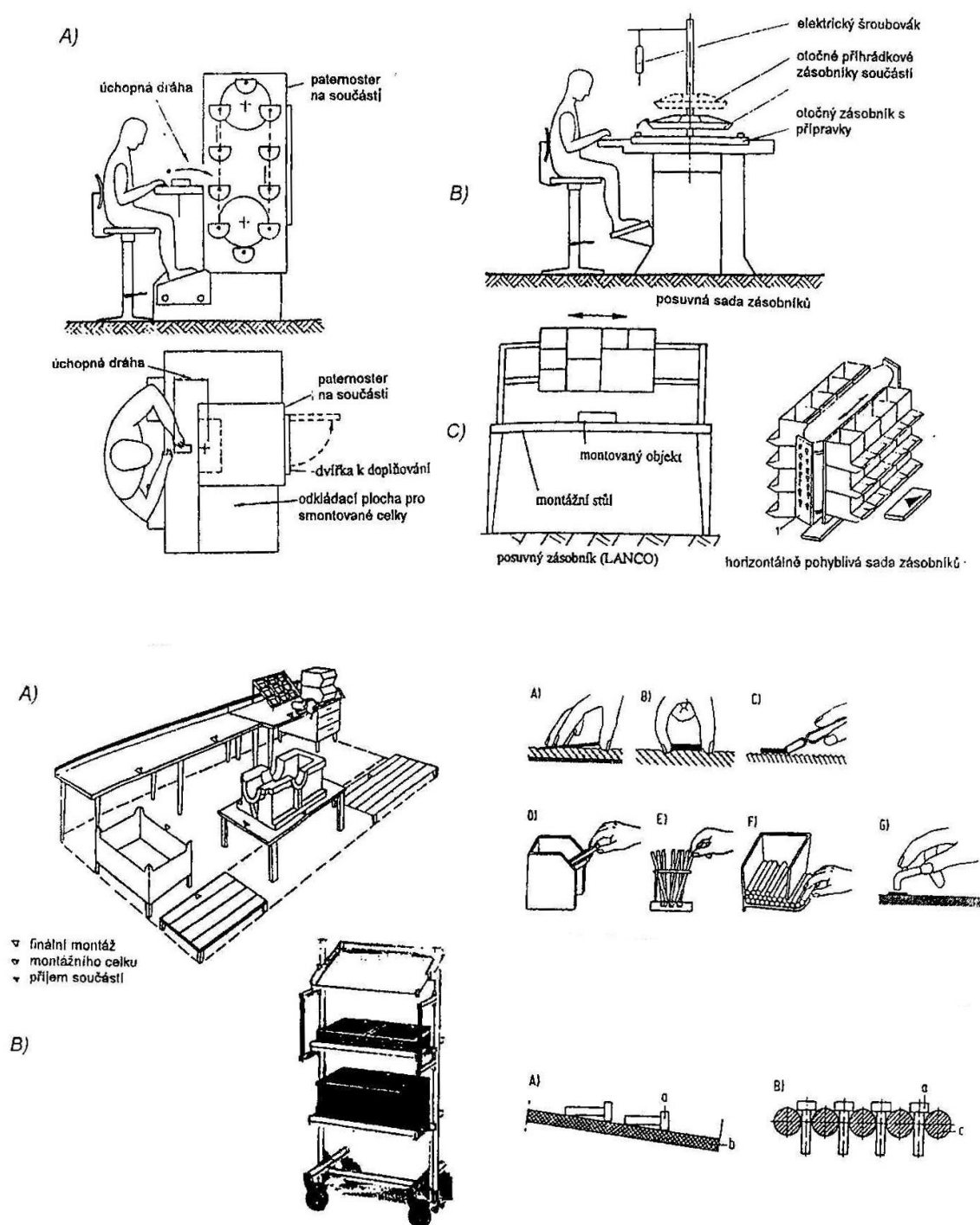
Prostor, ve kterém se nevykonává samotná montáž, ale mohou se v něm nacházet přípravky a nástroje, nebo v něm se manipuluje s nástroji nebo výrobky, se nazývá dosahový prostor. Je vymezený maximálním dosahem končetin bez pohybu trupu. Prostor, do kterého dosáhnou dolní končetiny, se nazývá pedipulační prostor.

Ruční montáž vyžaduje kombinaci silových, kinematických a dynamických možností svalů a kostry za současného řízení a kontroly smyslovými orgány a rozumové kontroly. Manipulační prostor pracovníka (operátora montáže) je vyobrazen na Obr.8.



Obr. 7 Manipulační prostor pracovníka [5]

Pro pilotní montáž byl vyhrazen potřebný prostor, jak pro umístění montované součásti (Buggy 260), ale také byl zajištěn dosahový prostor pro ještě nenamontované díly, box s nářadím, přípravky a dostatek místa pro operátory montáže. Na pracovišti během montáže bylo zajištěno adekvátní osvětlení dle Tab.2 viz str. 19. Vzhledem k charakteru montovaného celku bylo nutno přizpůsobit polohu pracovníka dle konkrétní prováděné operace.



Obr. 8 Ergonomie montážního pracoviště [4]

Tam kde je to možné, je z hlediska zlepšení pracovních podmínek, výhodné navrhnout pracoviště tak, aby dělník mohl pracovat jak v sedě, tak ve stoje. Optimální poloha pracovníka při rozličném druhu montážní práce je uvedeno na Obr.10.

Stůl je standardně ve výšce pro práci ve stoje a stavitelná židle s dostatečným prostorem pro nohy. Je doporučena stavitelná poloha opěradla, stavitelný sklon opěradla, podložky pod ruce, odpružení židle. Pro montáž velkých montážních celků, bývají pracoviště vybaveny zvedacím zařízením (pro motory, převodovky, atd.).

Zvedací zařízení umožňuje zvednutí do optimální výšky a případně i natočení do lepší polohy. Zvedací zařízení se používá i pro zvedání těžších součástí z palet na montážní stůl. Pro stanovení časů potřebných pro montáž se používá normování elementárních pohybů, jako je: dosáhnout, uchopit, přinést, položit, vložit, složit, utáhnout. Pro minimalizaci časů je potřeba mít přichystané montované části nejlépe v centrální části manipulačního prostoru dělníka a v odpovídající pozici, dobrou pozici pro uchopení. Stejně tak jako pro uchopení součástí pro montáž je potřeba do vhodné části montážního pracoviště umístit odkládací plochy pro nástroje, přípravky apod.

**Tab. 4 Poloha pracovníka při montáži [5]**

Druh montážní práce	Příklad práce	Optimální zraková vzdálenost od objektu	Optimální pracovní poloha		
			vsedě	vstoje	kombinovaná
Velmi jemná montáž	Montáž hodinek	12 až 25 cm	●		
Přesná montáž	Montáž přístrojů	25 až 35 cm	●	●	●
Lehká až středně těžká montáž	Montáž přístrojů a části strojů	35 až 50 cm	●	●	●
Těžká montáž	Montáž strojů a zařízení	nad 50 cm		●	

### 3.3.Osvětlení pracoviště

Důležitým činitelem na montážním pracovišti je osvětlení, protože 90% informací člověk získává zrakem. Aby se oko (člověk) rychle neunavovalo je nutno dbát na dobré osvětlení pracoviště a vhodnou polohu montovaného objektu od oka. Optimální zraková vzdálenost od objektu v závislosti na typu montáže je uvedena na Obr.10. Nejmenší rozlišovací schopnost oka pro úhly je cca 1'. Ale závisí na osvětlení, tvaru součásti, velikosti, atd. Dobrá osvětlení charakterizují:

- intenzita světla – viz Tab.2 Intenzita osvětlení pracoviště (normy jsou nižší než denní světlo) ,
- barevné spektrum – co nejbližší k dennímu světlu,
- směr dopadu světla – aby nedocházelo k oslnění,
- rovnoměrnost světla – co nejrovnoměrněji v montážním prostoru,
- stálost světla – co nejstálější v montážním prostoru.

Denní světlo má cca kolem 5000 lux (až 50 000 lux při velmi jasném přímém slunci). Pro montáž malých součástí se používají lupy, mikroskopy, atd.

**Tab. 5 Intenzita osvětlení pracoviště [6]**

Pracoviště	Intenzita osvětlení [lux]	Žárovky [W/m <sup>2</sup> ]	Zářivky [W/m <sup>2</sup> ]
skladiště, byty, restaurace, divadla	120	20 až 30	7 až 9
učebny, pokladny, jednoduchá montáž	250	40 až 55	13 až 18
kanceláře, čítárny, výpočetní střediska, výzkum	500	75 až 105	25 až 35
výstavy, obchodní domy	750	115 až 160	38 až 53
montáž elektroniky, retuš	1000	-	50 až 70
jemná montáž, elektronika	1500	-	75 až 105
hodinářství, subminiaturní elektronika	2000	-	100 až 140

### 3.4. Zásady pro navrhování montážních systémů

V následujících bodech jsou uvedeny jednotlivé zásady, které je nutno dodržet při navrhování montážního systému.

- Tok materiálu má mít 1 hlavní směr.
- Dostatečně dimenzovat plochy pro příjem a expedici materiálu, zařadit a dimenzovat mezisklady.
- Počítat s mezioperačními zásobníky.
- Pokud možno vyhnout se osamoceným izolovaným pracovištím, naopak oddělit hlučná pracoviště a pracoviště obtěžující vibracemi, zářením, výpary, apod.
- Používat, pokud možno denní světlo.
- Zajistit možnost zrkového kontaktu mezi montážními pracovníky.
- Investičně nákladná pracoviště umisťovat tak, aby je bylo možno použít pro další montáže i bez jejich přesunu.
- Používat odpočinkové prostory pro pracovníky, nezapomenout na sanitární zařízení.
- Označit únikové cesty, hasicí a jiné prostředky a respektovat bezpečnostní předpisy.

### 3.5. Lidský faktor při montáži

Pro optimální náklady na montáž je potřeba provést výběr montážních dělníků, zacvičit je a následně trénovat ke zkrácení montážních časů při požadované kvalitě.

Výběr pracovníků

- Pro ruční montáž je potřeba vybírat manuálně zručné pracovníky a jejich zručnost dále zlepšovat.
- K výběru se používají testy zručnosti, např.:
  - O'Connorsův test zručnosti prstů – test pro krátké, rychlé montáže (např. hodinky, osazování plošných spojů, atd.). Ze zásobníku se po 3 ks odebírají 25 mm dlouhé neuspořádané čepy a zasouvají se do otvorů v kovové desce. Měří se čas pro prvních 50 ks a pak pro druhých 50 ks a pak pomocí vzorce se určí kritérium zručnosti pracovníka.

- Crawfordův test pro malé součásti – slouží k měření koordinace očí a rukou. Pinzetou se zasouvají malé kovové válečky do otvoru s malou vůlí, a pak se na vyčnívající konce nasouvají duté nýty, opět pinzetou. Ve 2. části se zašroubovávají ručně šroubky do závitu v desce, a dotahují šroubovákem. Měří se čas pro 36 ks čepů a nýtů a pak pro 36 ks šroubů. Dosažené výsledky podle spec. tabulek se zahrnují do stupňů.

## Zácvik

Pro zácvik pracovníků je možno použít metody REFA. Tato metoda je popsána na Obr.11, kde je metoda rozčleněna do čtyř stupňů.

<b>1. STUPĚŇ:</b> Příprava školeného pracovníka	1. odstranit nesmělost u školeného pracov. 2. charakterizovat pracovní úkol 3. determinovat učební cíle 4. zjistit výchozí znalosti 5. vzbudit zájem 6. správně vést školeného pracovníka	- musí být připraveno potřebné výrobní zařízení a montované součásti - podklady pro školení musí být na nejnovější úrovni
<b>2. STUPĚŇ:</b> Předvedení úkolu školenému	<div data-bbox="598 974 997 1064">           1. fáze předvedení:            Předvedení a vysvětlení CO se událo, provést shrnutí         </div> <div data-bbox="598 1086 997 1176">           2. fáze předvedení:            Přesně vysvětlit a zdůvodnit - CO, JAK a PROČ PRÁVĚ TAK         </div> <div data-bbox="598 1198 997 1299">           3. fáze předvedení:            Plynule předvádět a přitom zdůrazňovat některé části učiva a některá upozornění         </div>	- postupovat po krocích - pozorovat školeného pracovníka - znovu objasnit školenému pracovníkovi obsah úkolu
<b>3. STUPĚŇ:</b> Školený opakuje úkol	<div data-bbox="598 1321 997 1444">           1. fáze provedení:            Školeného prac. to nechat zkusit            Komentovat jeho činnost            Opravovat hlavně závažné chyby         </div> <div data-bbox="598 1467 997 1579">           2. fáze provedení:            Nechat to školeného pracov. provést a komentovat: CO, JAK a PROČ PRÁVĚ TAK         </div> <div data-bbox="598 1601 997 1691">           3. fáze provedení:            Školeného plynuleji napodobovat a krátce komentovat (části učiva a upozornění)         </div>	- co nejdříve zapojit školeného pracovníka, avšak brát ohled na druh práce - případně nechat vícekrát opakovat - ptát se a vyzývat k otázkám - školeného nechat samostatně provádět teprve tehdy, když úkol ovládá
<b>4. STUPĚŇ:</b> Ukončení školení (výcviku)	1. nechat školeného cvičit samostatně 2. označit pomocníka 3. zpočátku častěji kontrolovat a podpořit 4. pochválit a opravit	- dbát na zákonnost cvičení, vyhnout se monotónnímu cvičení - zajistit porozumění pro souvislosti - pozorovat pokrok při cvičení a poukázat na něj

Obr. 9 Zácvik pracovníků pomocí metody REFA [3]

Pilotní montáž Buggy 260 pro ověření správnosti technologických postupů byla provedena v podmínkách VŠB-TUO bez taktování jako ruční, stacionární montáž.



## 4. Praktická část - zpracování technologického postupu

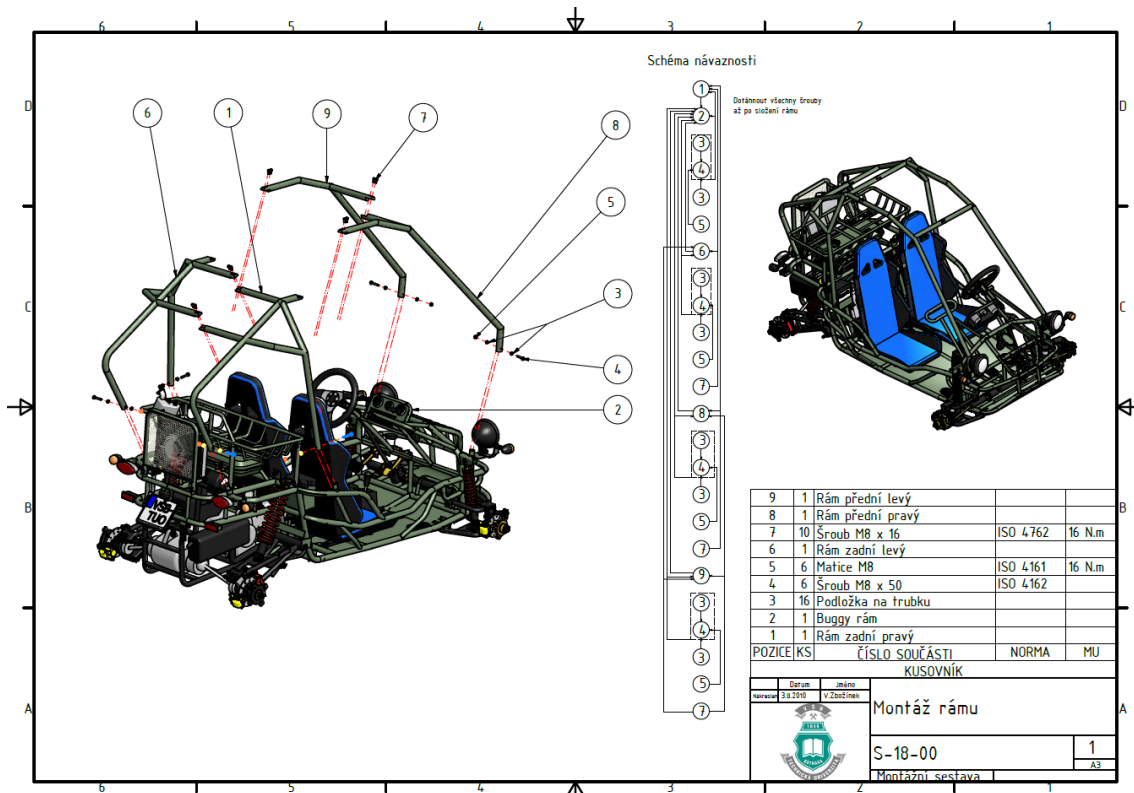
Praktická část diplomové práce popisuje metodiku zpracování technologického postupu. V následujících kapitolách bude popsán postup zpracování výkresů montážních sestav, metodika zpracování 3D modelu Buggy 260, příklad konkrétního postupu montáže a podrobná pasáž věnovaná zprovoznění Buggy 260.

Při samotném návrhu montáže jako takové, bylo nutno vzít v úvahu činitele, které ovlivňují montáž z hlediska komplikovanosti a sériovosti montáže. Vzhledem k tomu, že se jedná o relativně složitou a kusovou montáž, se montážní proces hodnotí jako makrorozsahový. [2]

Technologický postup byl zpracován tak, aby jednoznačně popsal montáž dílů do jednotlivých sestav, vedoucích ke kompletnímu sestavení a zprovoznění Buggy 260. Členění postupu vzniklo postupnou prvotní montáží, při které se celková montáž rozdělila do devatenácti dílčích postupů, které jsou provedeny formou montážních výkresů sestav. Výkresy montážních sestav jsou umístěny v příloze A-S.

Montážní výkresy jsou koncipovány jako prostorové sestavy, obsahující:

- 3D pohledy sestavy, včetně montovaných dílů,
- kusovník montovaných dílů,
- schéma montáže, ze kterého je patrná souslednost montovaných dílů.



Obr. 10 Ukázka montážního výkresu

#### 4.1. Metodika zpracování 3D modelu Buggy 260

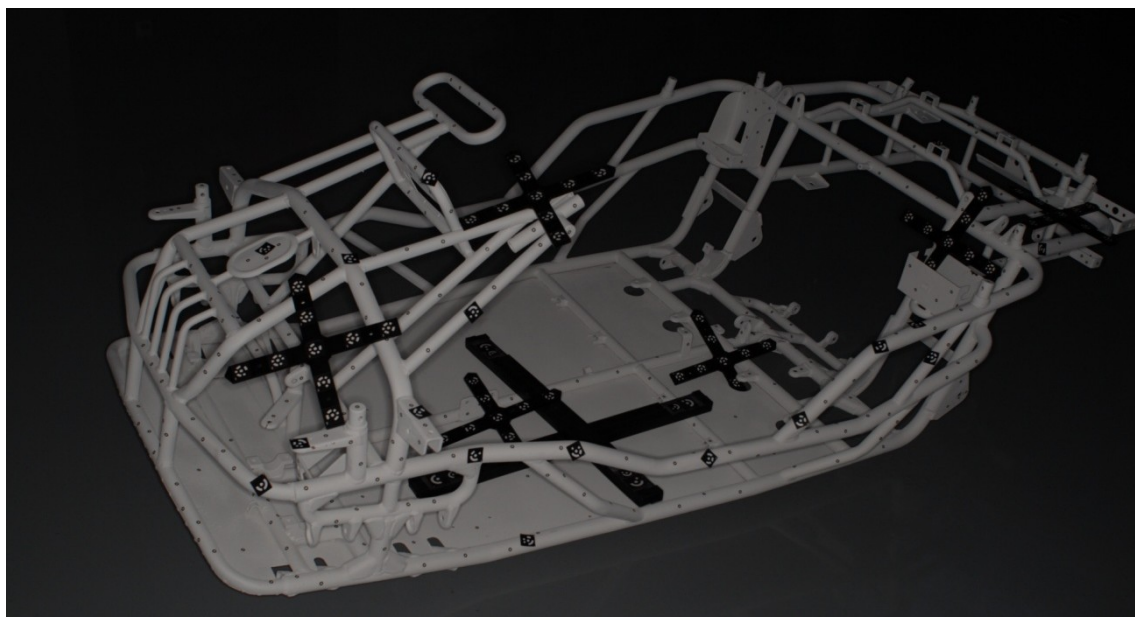
Základem montážních sestav technologických postupů jsou 3D modely rozloženého pohledu buggy. Tvorba modelu se prováděla postupným odměřováním a následným vymodelováním daného dílu, jedná se o metodu tzv. reverse engineering. Je to metoda, která se využívá ve strojírenství především pro sestavení 3D modelu pro další konstrukční či designové úpravy. Tato metoda se dále běžně používá v architektuře pro rekonstrukci 3D modelu skutečného objektu, také se užívá ve vojenství ke zkoumání cizích technologií. V našem případě byla tato metoda využita pro modelaci dílů Buggy 260 z důvodu nedostupnosti výrobní dokumentace.

K vytvoření modelu spodního rámu byly použity 3D skenovací přístroje. Ostatní díly, z důvodu časové náročnosti při převodu skenovaných dat do podoby modelu, byly vymodelovány v programu Autodesk Inventor Professional 2010 (dále jen AIP2010).

##### 4.1.1. Postup tvorby 3D modelu spodního rámu Buggy 260

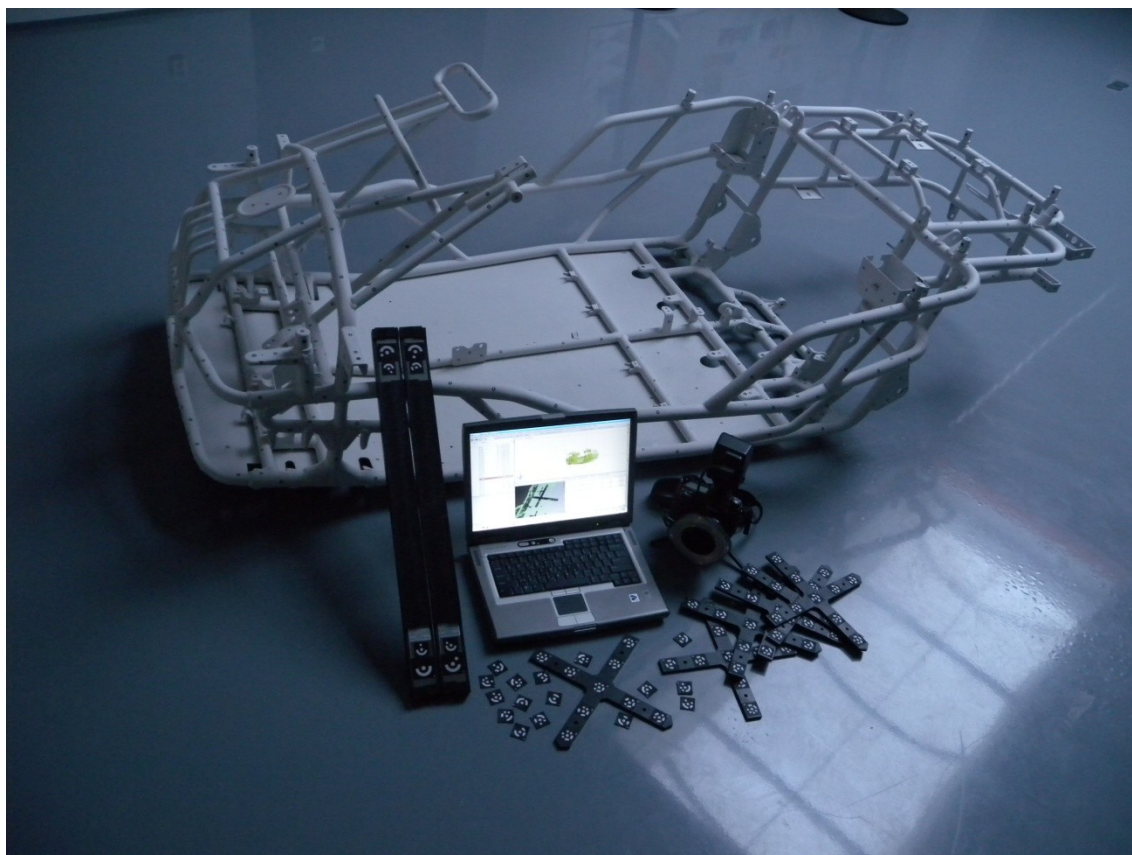
Model spodní části rámu byl z důvodu složitosti a prostorové přesnosti naskenován ve spolupráci s firmou Visteon-Autopal, s.r.o. (dále jen Autopal).

Skenování bylo provedeno v prostorách "showroomu" firmy Autopal za použití kombinace bezkontaktních 3D skenovacích technologií ATOS a TRITOP. Před vlastním skenováním bylo nutné odstranit stávající lesklý povrch rámu a nahradit ho matným bílým nátěrovým systémem pro eliminaci odlesků a větší přesnost výstupu. Dále bylo nutno umístit na rám poziční značky a kříže, které slouží pro zachycení referenčních bodů.



Obr. 11 Připravený rám včetně pozičních značek a křížů

TRITOP je přenosný optický měřicí systém určený k přesnému bezkontaktnímu měření polohy diskrétních bodů, kontrastních čar (prostřihů, ostřihových hran plechu, nakreslených čar na objektu) a viditelných značek na měřeném objektu. Tato mobilní technologie nabízí efektivní měření pro aplikace kontroly kvality, deformačních analýz a digitalizace. Moderní interface softwaru je uživatelsky velmi příjemný a intuitivní. Proces měření je založen na principech fotogrammetrie. Měřený objekt je označen optickými body (samolepícími, magnetickými nebo speciálními adaptéry). Připravený objekt je snímán digitálním fotoaparátem z různých pozic v prostoru. Na základě digitálních snímků systém TRITOP vypočítá pozice fotoaparátu při jednotlivých snímcích a 3D souřadnice měřených bodů na objektu. Dále systém umožňuje zobrazení 3D souřadnic měřených bodů, pozic fotoaparátu a přesnosti měření. Následně mohou být měřené body exportovány ve standardních formátech nebo použity v systému ATOS.[7]

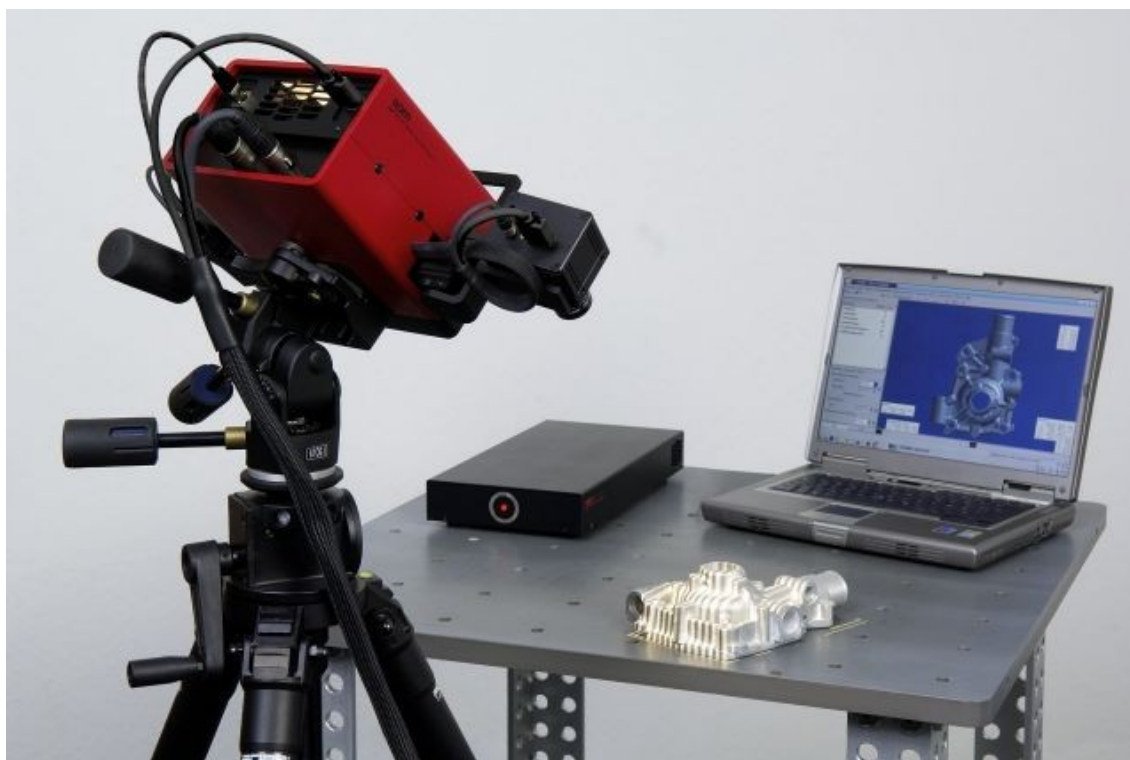


**Obr. 12 Zařízení TRITOP včetně skenovaného rámu**

ATOS je mobilní bezdotkový optický 3D skener určený pro nejrůznější aplikace. Jeho vysoká výkonnost, velké rozlišení a široká flexibilita měřicích objemů umožňuje přesnou a efektivní kontrolu kvality výroby (Quality Control) a ukládání optimalizovaných dat z design aplikací. Nejširší využití systému ATOS je v oblastech CAD, CAM a FEM, kde je vyžadováno měření reálných objektů a jejich následné srovnání s teoretickým modelem. Hustota dat je daná použitým zařízením a pohybuje se v rozmezí od 800 000 až do 4 000 000 bodů na 1 záběr. Proces měření je založen na principech optické triangulace, fotogrammetrii a fringe projection. Na povrch objektu jsou promítány pruhy světla, které jsou snímány pomocí dvou kamer s CCD čipem, software z těchto záběrů vypočítá prostorové souřadnice jednotlivých bodů. Automatické složení jednotlivých záběrů do jednoho celku je zajištěno pomocí referenčních značek umístěných na objektu nebo mimo něj. Za účelem naskenování celého objektu lze pohybovat skenerem i měřeným objektem. [8]

Možné výstupy z digitalizace:

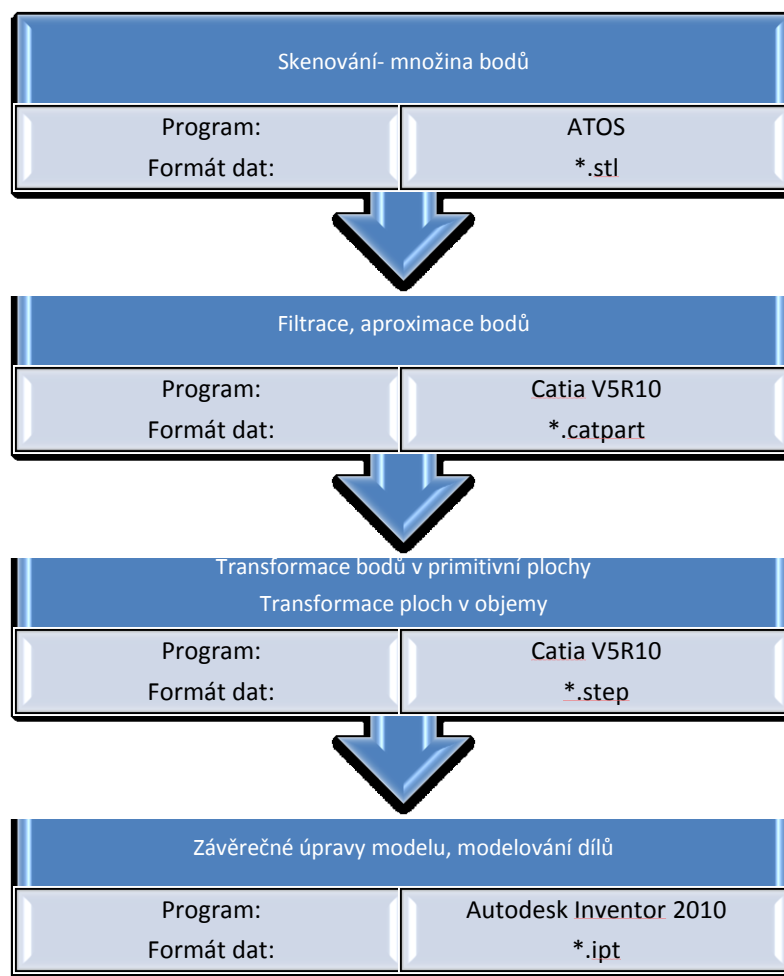
- optimalizovaná polygonální síť (STL)
- mrak bodů
- řezy (body)
- barevné mapy odchylek od CAD modelu (obrázky)
- protokol měření (HTML, Word, PDF)



Obr. 13 Kompletní sestava ATOS [8]



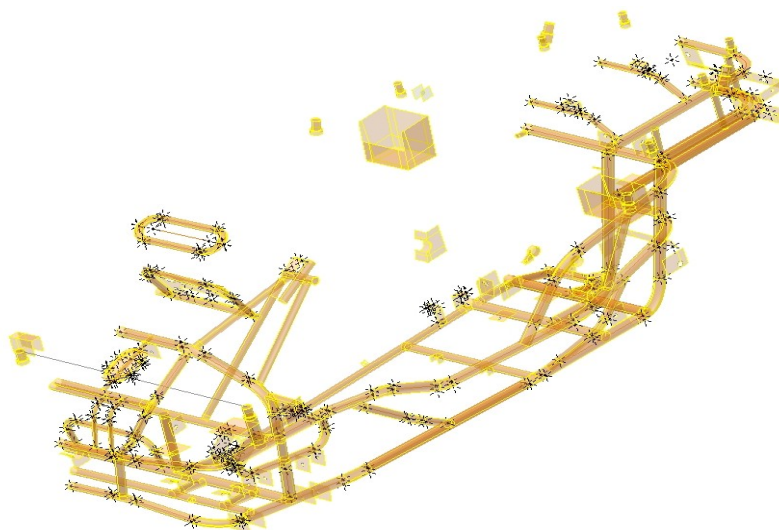
Data získaná digitalizací rámu systémem ATOS byla dále upravována dle schématu viz Obr.16. Výstup dat byl ve formě mraku bodů umístěných v prostoru (přes 70 milionů bodů).



**Obr. 14 Schéma transportu dat ze skenovacího zařízení do modeláře AIP2010**

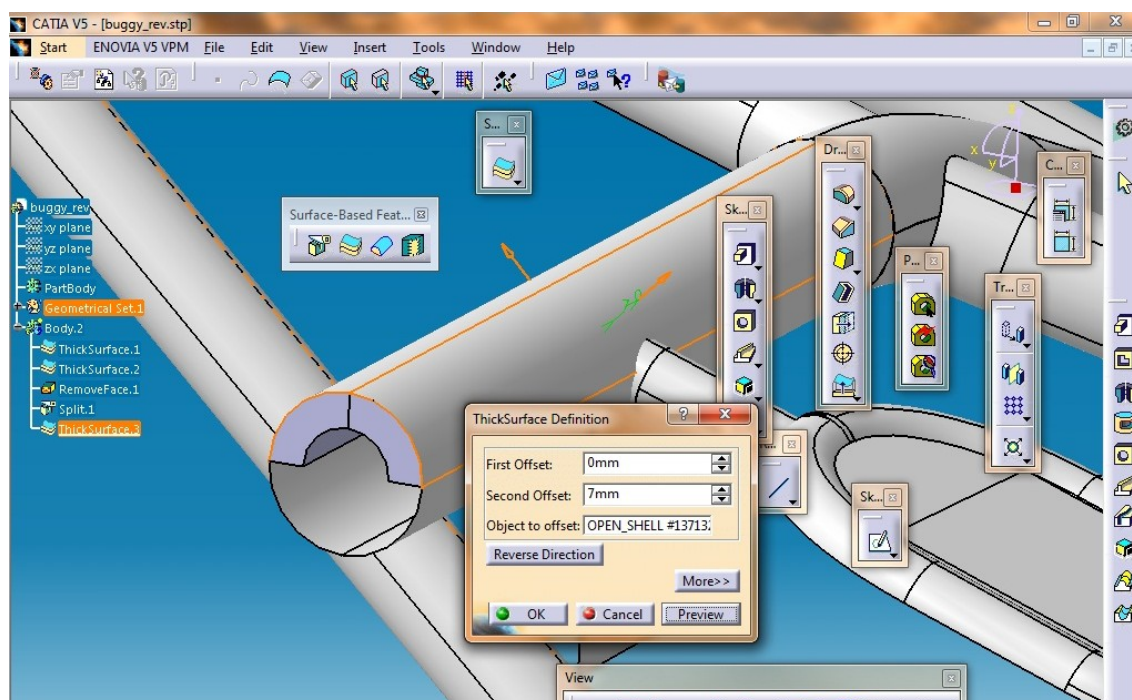
S využitím programu Catia V5R10 byly body odfiltrovány a aproximovány do podoby zpracovatelné množiny bodů. Body bylo dále nutno proložit konstrukčními přímkami, a z těch už bylo možno vytvořit primitivní plochy viz Obr.17.

Catia V5R10 je systém, který je schopen pokrýt kompletní cyklus výrobku, tzn. od koncepčního návrhu designu, přes vlastní konstrukci, různé analýzy, simulace a optimalizace až po tvorbu dokumentace a NC programů pro vlastní výrobu. Široké spektrum modulů, které CATIA V5 obsahuje, umožňuje vytvářet softwarové řešení s konkrétními podmínkami uživatele. Může to být např. automobilový či letecký průmysl, výroba spotřebního zboží a stejně tak i výroba obráběcích strojů nebo investičních celků těžkého strojírenství.[9]

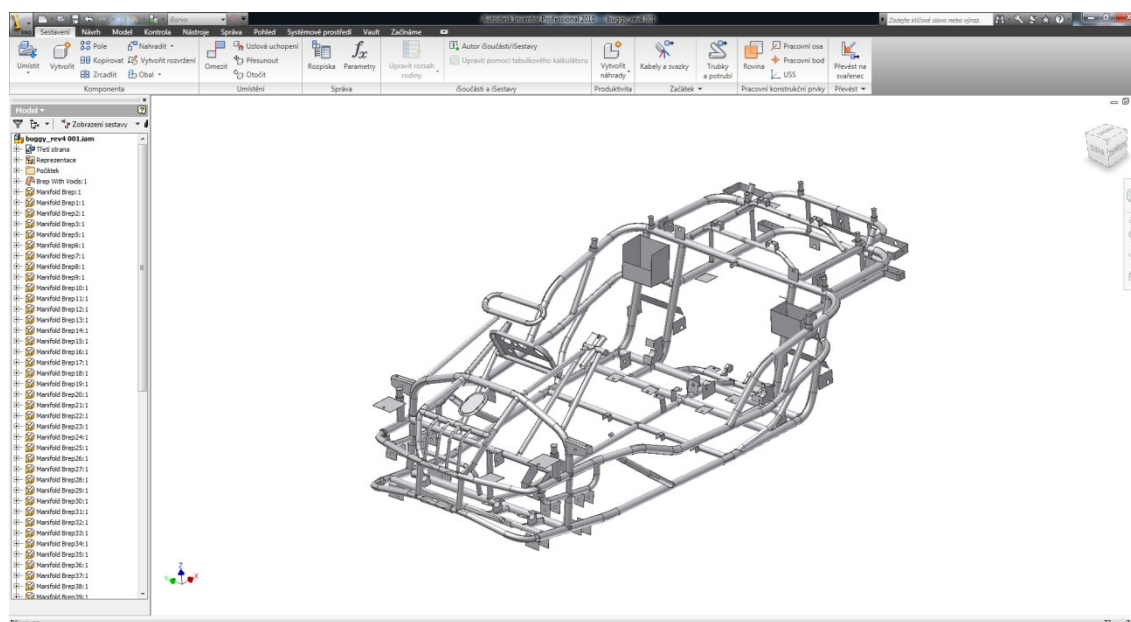


Obr. 15 Převedený mrak bodu v plochy

Pro vytvoření téměř identického modelu rámu buggy bylo nutné ještě převést plošné těleso na objemové. Objemy byly vytvořeny postupným přiřazováním určité tloušťky jednotlivým primitivním plochám, pak následovaly úpravy napojení na sebe navazujících ploch a model rámu bylo možno transportovat z programu CatiaV5R10 do AIP2010. Transport byl proveden pomocí univerzálního datového formátu STEP, který je kompatibilní s oběma programy. Model již převedeného rámu v objem v prostředí modeláře AIP2010 je možno vidět na Obr.19. Model spodního rámu a následné modelování ostatních dílů bylo provedeno v AIP2010 z toho důvodu, že AIP2010 umožňuje zjednodušenou tvorbu "rozbitých" pohledů sestav, nutných pro vytvoření montážních výkresů.



Obr. 16 Převod plochy v objem v prostředí CatiaV5R10



Obr. 17 Převedený model rámu v objem v prostředí AIP 2010

#### 4.1.2. Postup zpracování výkresové dokumentace v AIP 2010

Veškeré díly montované do spodní části rámu byly vymodelovány dle reálné Buggy 260 za pomoci programu AIP2010.

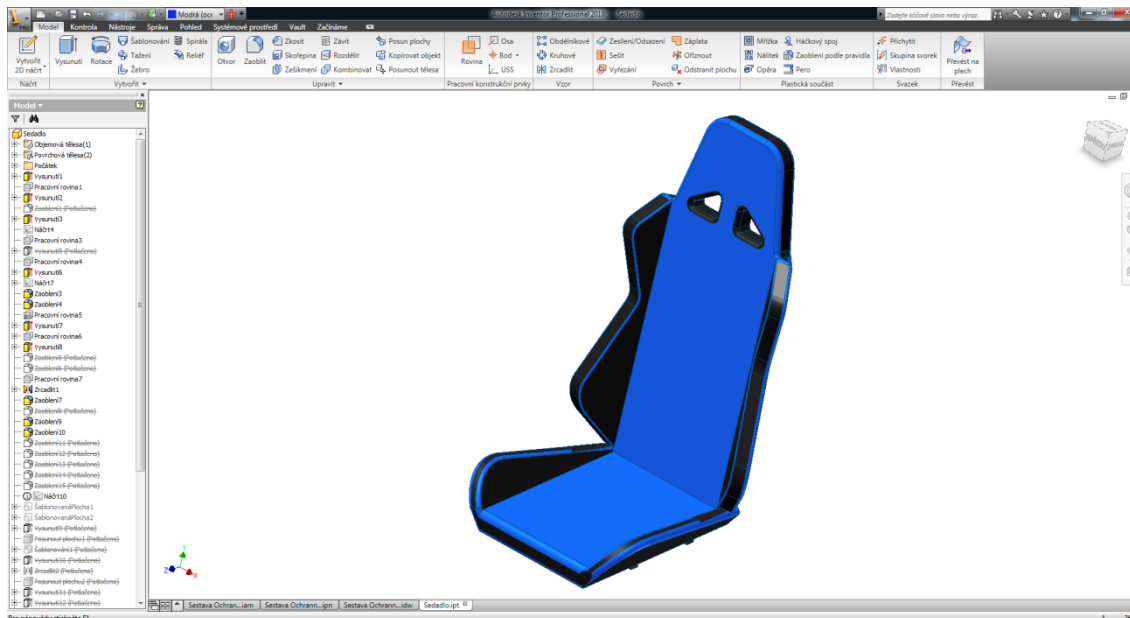
AIP2010 (Autodesk Inventor Professional 2010) poskytuje komplexní sadu softwarových nástrojů pro řešení 3D strojírenských návrhů, simulaci výrobků, tvorbu nástrojů a komunikaci návrhů, které mohou využívat digitální prototypy k rychlejšímu navrhování a výrobě produktu.

Program Autodesk Inventor umožňuje integrovat data AutoCADu a 3D návrhů do jediného digitálního modelu, ze kterého je možno vytvořit digitální prototyp výsledného výrobku. Model Inventoru je přesným 3D digitálním prototypem. Díky tomu umožňuje návrhy optimalizovat a ověřovat v digitální podobě. [10]

Při tvorbě montážních sestav byly použity čtyři základní prostředí programu AIP2010. Jednalo se o prostředí:

- modeláře dílů,
- sestav,
- prezentace,
- tvorby výkresů.

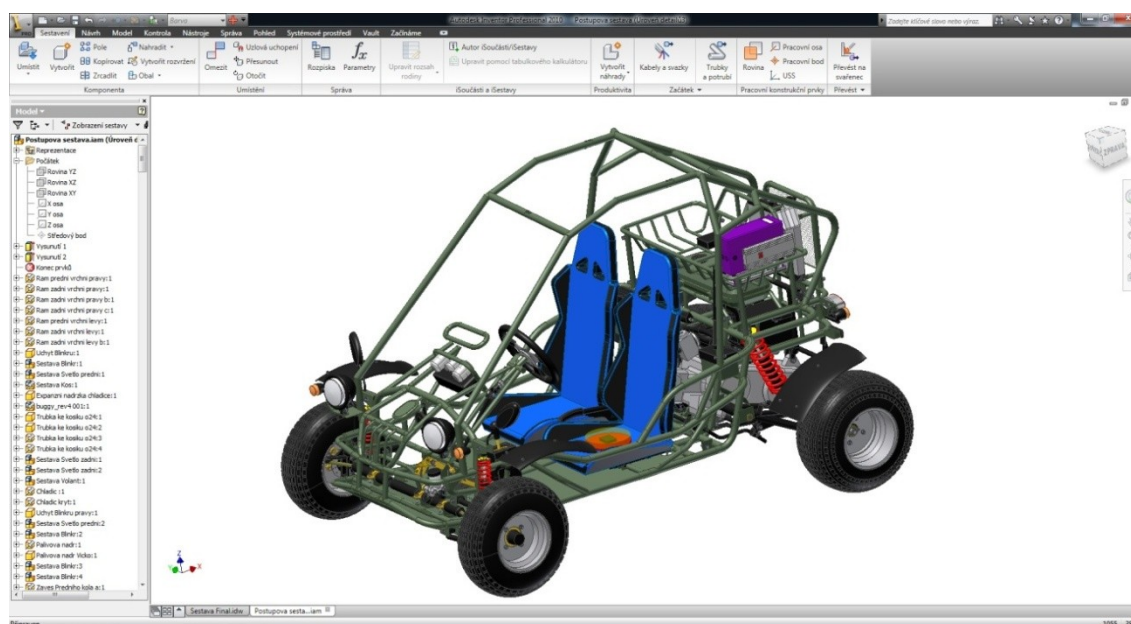
Prostředí modeláře dílů bylo použito pro vytvoření parametricky adaptivních 2D náčrtů, případně i 3D náčrtů, ze kterých byl vytvořen 3D model pomocí operací jako jsou: vysunutí, rotace, tažení, šablonování a jiné. Ukázka prostředí modeláře včetně hotového modelu sedadla zobrazeno na Obr.20.



**Obr. 18 Model sedadla v prostředí modeláře dílů AIP2010**

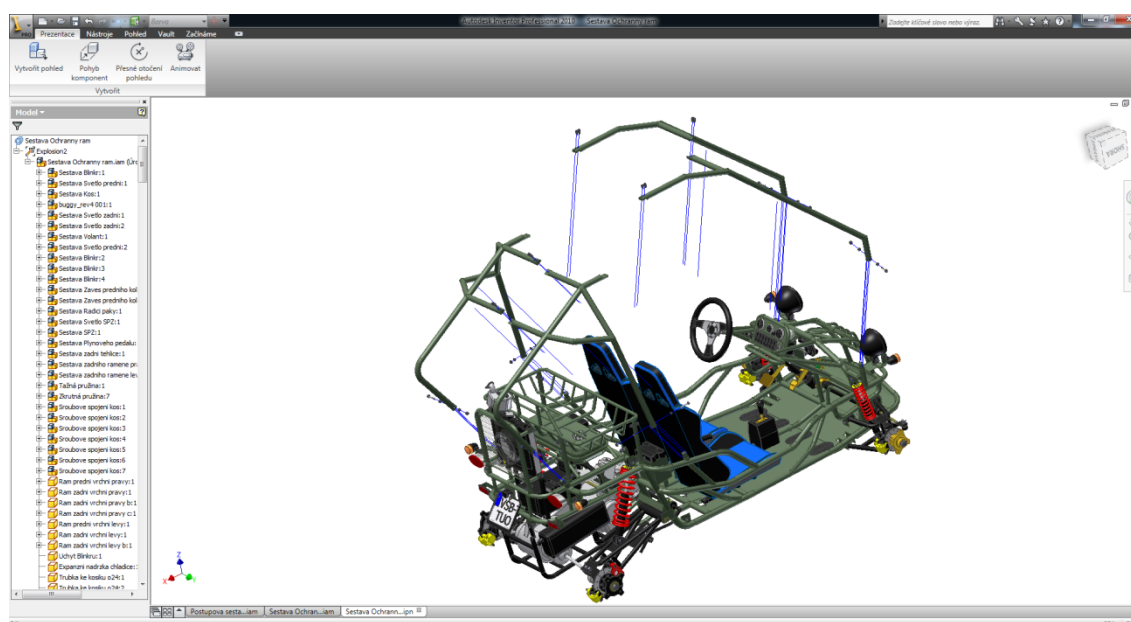
Z vymodelovaných dílů byly vytvořeny sestavy a podsestavy v prostředí sestav, které sloužily jako podklady pro tvorbu technologického postupu. Jednotlivé díly sestav byly k sobě "připojeny" pomocí vazeb, které slouží k definování přesné polohy dílů v sestavě. Dále prostředí tvorby sestav umožňuje vkládání normalizovaných dílů pomocí již definované knihovny součástí, která obsahuje nejen spojovací materiály, ale i ložiska, pera, klíny a jiné normalizované součásti. Výskyt součástí je členěn podle použití a také podle typu normy. Základní výbavou knihovny součástí jsou díly norem ANSI, BSI, GB, DIN, ISO a JIS. Při tvorbě modelu Buggy 260 byly z knihovny součástí použity díly především normy ISO a DIN. Strojní mechanismy je možno vytvořit pomocí tzv. Design akcelérátoru. Pro tvorbu modelu byl Design akcelérátor použit především pro vymodelování tlačných a zkrutných pružin. Ukázka prostředí sestavy je zobrazena na Obr.21.





**Obr. 19 Ukázka modelu Buggy 260 v prostředí sestavy AIP 2010**

Následujícím prostředím pro tvorbu 3D rozloženého pohledu na sestavu je prostředí prezentace, které umožňuje automaticky, nebo parametricky rozložit danou sestavu. Výstupem z prostředí prezentace může být animace postupně se skládajících se dílů, nebo je možno použít zobrazení modelu. V rámci diplomové práce byly použity oba výstupy. Zobrazení 3D rozložené sestavy byly použity jako základ pro výkresy montážních sestav. Dle zadání diplomové práce byly zpracovány také animace usnadňující montáž. Animace byly uloženy v avi formátu. Ukázka prostředí prezentace včetně rozloženého modelu vybrané sestavy je na Obr.22, kde je možno vidět rozložené díly dané sestavy i s trajektorií pohybu.

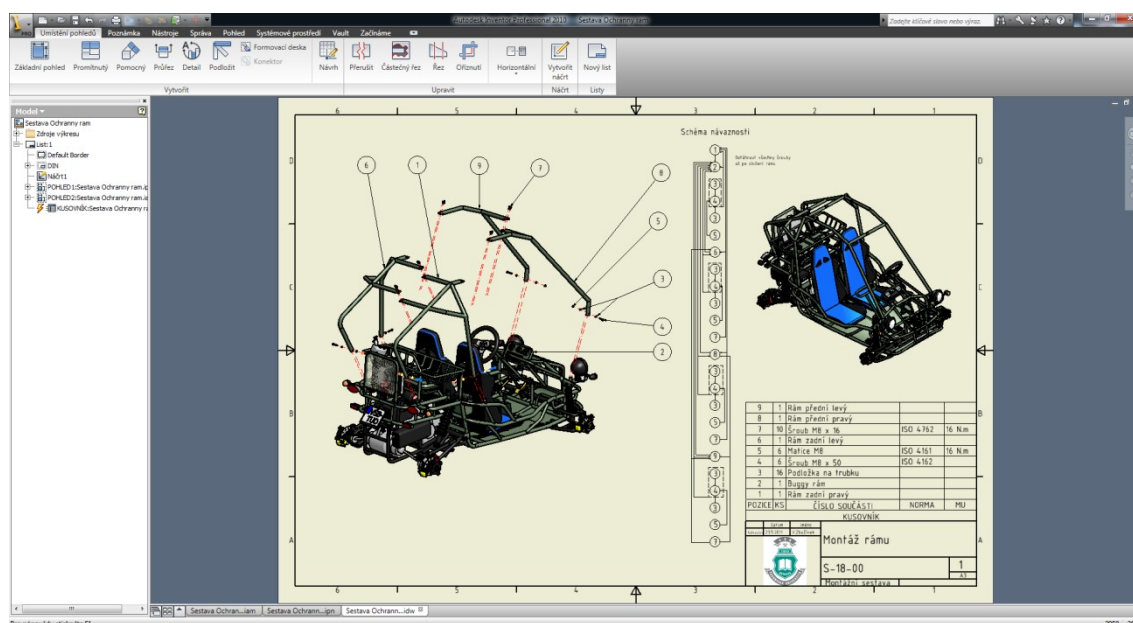


**Obr. 20 Model rozložené sestavy v prostředí prezentace AIP2010**

Ze 3D dokumentace bylo vytvořeno celkem 19 výkresů montážních sestav v prostředí tvorby výkresů v AIP2010, které obsahují 3D model rozložené sestavy, 3D model sestavy po složení, schéma návaznosti jednotlivých dílů a kusovník. Předlohou pro tvorbu technologických postupů byla "*Ověřená technologie stavby automobilu Kaipan 57*".[11] Inovací oproti zmíněné předloze je především nahrazení fotografických podkladů rozloženým prostorovým modelem Buggy 260, dále umístěním schémat návaznosti přímo do montážního výkresu. Schémata návaznosti montáže jsou koncipovány jako strukturální schémata. [12]

Další obměnou je stanovení a zařazení dovoleného utahovacího momentu na montážním výkrese, a to přímo v kusovníku.

Pro stanovení utahovacího momentu bylo nutno nejprve určit pevnostní třídu šroubů a matic. Vzhledem k nedostupnosti a původu výrobní dokumentace bylo nutno stanovit pevnost u neoznačených spojovacích součástí měřením a určit ekvivalentní pevnost šroubů dle ČSN.



Obr. 21 Výkres montážní sestavy v prostředí tvorby výkresů AIP2010

## 4.2. Příklad konkrétního postupu montáže


V následující kapitole bude popsán sled operací vedoucích k sestavení sestavy dle konkrétního montážního postupu. Jako ukázková sestava byla pro přehlednost zvolena sestava zadní těhlice, která obsahuje těhlici, brzdový kotouč, třmen ruční brzdy, třmen hydraulické brzdy, spojovací materiál a jiné.

### 4.2.1. Jednotlivé části montážního postupu

Součástí každého postupu je rohové razítko s kusovníkem, 3D vyobrazení pohledu dané sestavy v rozloženém i složeném stavu a schéma návaznosti montáže.

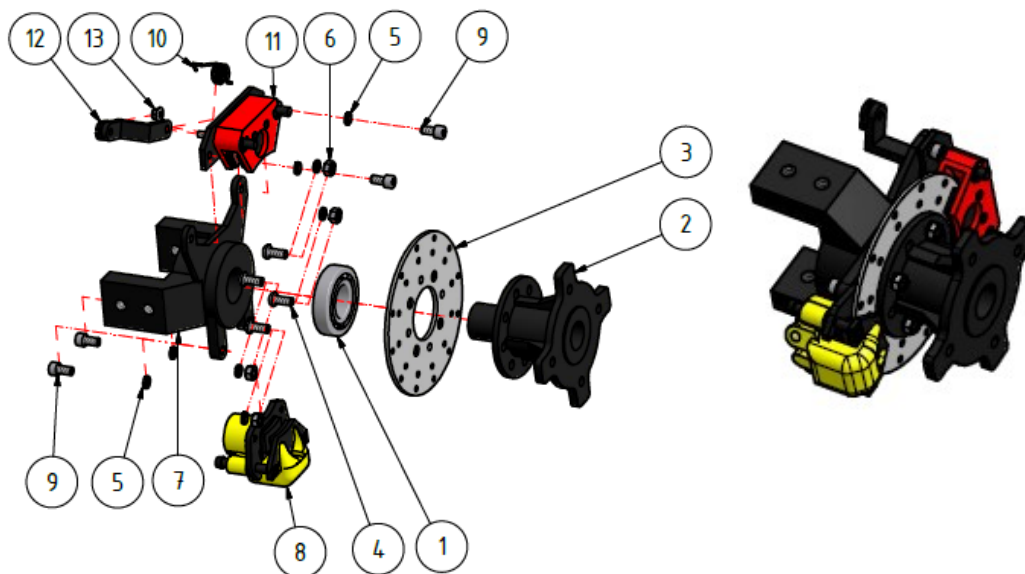
Všechny potřebné díly pro montáž jsou uvedeny v kusovníku dané montážní sestavy. Kusovník je součástí rohového razítka výkresu. Na rohovém razítku každé sestavy je uveden název a číslo sestavy, logo školy, jméno autora a formát výkresu. Kusovník dále obsahuje informace o počtech použitých dílů, číslo pozice určené danému dílu, u normalizovaných dílů je uvedena norma a stanovený utahovací moment u utahovaných elementů. Kusovník konkrétní sestavy je zobrazen na Obr.24

Utahovací moment u jednotlivých utahovaných elementů (matice, případně některé šrouby), byl stanoven dle ČSN EN ISO 898-7 [13] na základě uvedené pevnosti šroubů. V případě, kde nebyla uvedena pevnost šroubů (a to na hlavě šroubu nebo v dostupné dokumentaci), se musela stanovit a to měřením. Viz kapitola 4.2.2. Stanovení pevnosti a utahovacího momentu šroubů.

13	1	Matice M6	ISO 4032	6,3 N.m
12	1	Páka brzd. třmene ruční brzdy		
11	1	Sestava brzdového třmene ruční brzdy		
10	1	Zkrutná pružina		
9	4	Šroub M8 x 16	ISO 4762	16 N.m
8	1	Sestava brzdového třmene		
7	1	Těhlice zadní		
6	4	Matice M8	ISO 4032	16 N.m
5	8	Podložka 8	DIN 127	
4	4	Šroub M8 X 20	ISO 4062	
3	1	Brzdový kotouč zadní		
2	1	Náboj zadního kola		
1	1	Ložisko $\varnothing 37/\varnothing 72 \times 37$		
POZICE KS		ČÍSLO SOUČÁSTI	NORMA	MU
KUSOVNÍK				
Datum		Jméno		
Nakreslil 23.5.2011		V. Zbožínek		
		Montáž zadní těhlice		
		S-03-00		1
		Montážní sestava		A3

Obr. 22 Ukázka kusovníku sestavy zadní těhlice

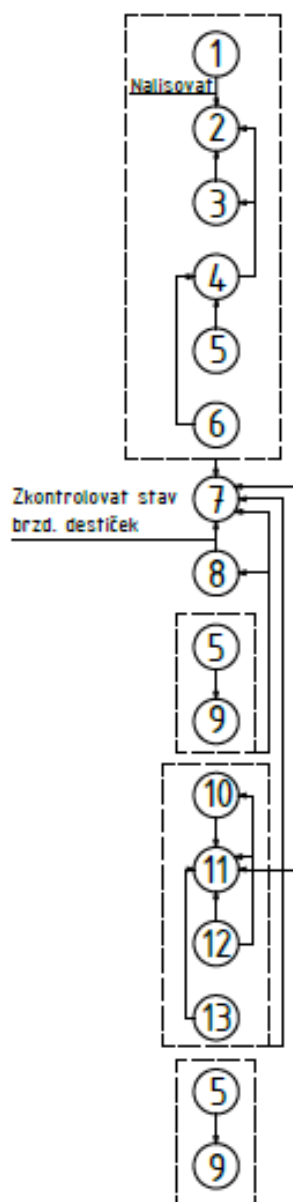
V přímé návaznosti na pozice kusovníku je prostorový pohled na danou sestavu v rozloženém stavu, kde je přiřazena pozice k jednotlivým montovaným dílům. Rozklad pohledu je definován trajektoriemi, které ukazují směry montáže dílů. Trajektorie jsou znázorněny červenou dvojčerchovanou čarou. Pro větší přehlednost a představu o montáži byl vložen do sestavy prostorový pohled již smontované sestavy. Oba pohledy jsou zobrazeny níže v Obr.25.



**Obr. 23 Ukázka 3D pohledu sestavy zadní těhlice v rozloženém a kompletním stavu**

Další částí montážního výkresu je schéma návaznosti. Schéma návaznosti je v podstatě graf, který slouží k jednoznačnému určení montáže jednotlivých dílů. Díly v schématu jsou číselně označeny, označení dílů je shodné s pozicemi v kusovníku i s pozicemi daných dílů v prostorové sestavě. Pozice dílů označeny číslem pozice v kroužku jsou umístěny v linii podle návaznosti, díly složené do podsestavy, které se dále montují, jsou označeny přerušovaným obdélníkem, návaznost je vyznačena přímkami s šipkami. Schémata jsou dále doplněny o informace vedoucí ke správnému složení dané sestavy. Schéma návaznosti konkrétní sestavy je zobrazeno na Obr.26.

## Schéma návaznosti

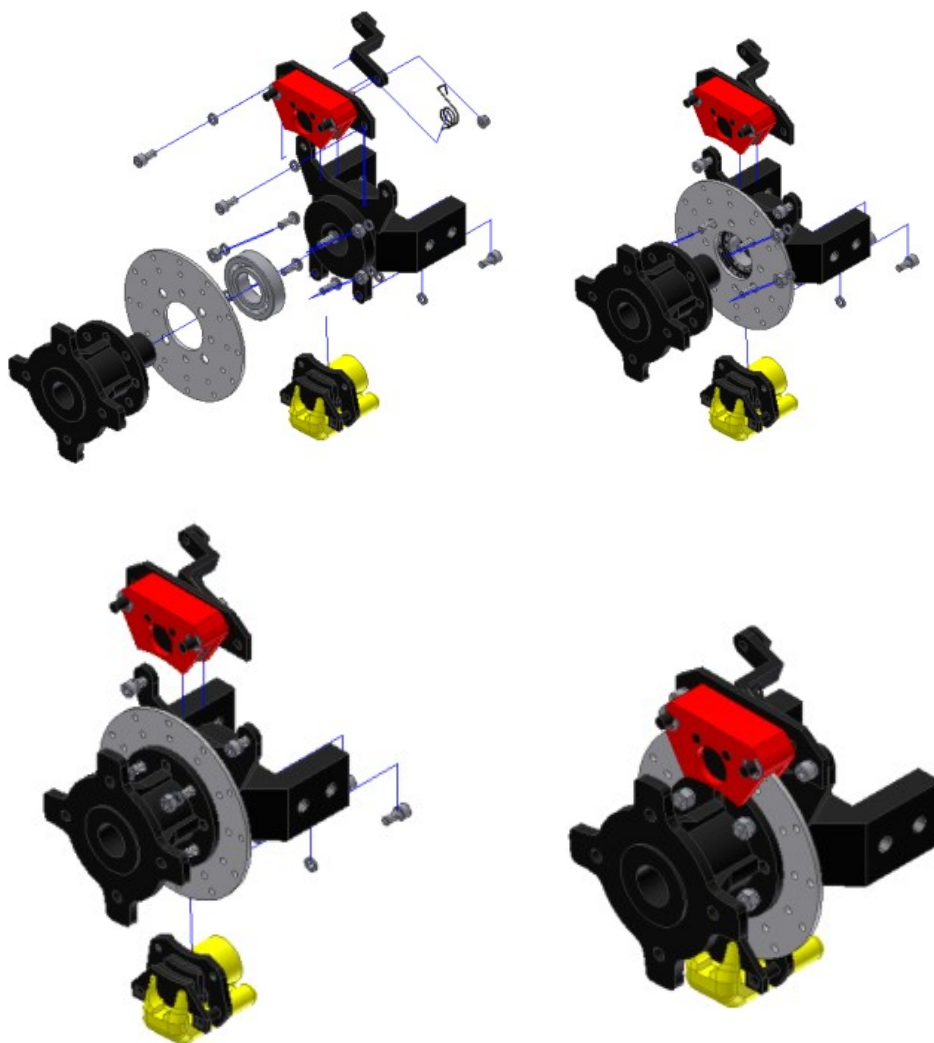


Obr. 24 Ukázka schéma návaznosti sestavy zadní těhlice

Při montáži se postupuje při čtení schématu viz Obr.26 následovně: pozice číslo jedna - ložisko, se nalisuje do pozice číslo dvě - náboj zadního kola, pozice číslo tři - brzdový kotouč se nasune na pozici číslo dvě, pozice číslo čtyři - šroub M8x20 se protáhne přes brzdový kotouč do náboje zadního kola, na šroub se nasune pozice číslo pět - podložka 8 a pozice číslo šest - Matice M8 se našroubuje na šroub a utáhne se momentem uvedeným v kusovníku dané sestavy, v tomhle případě je hodnota utahovacího momentu 16 N.m.

#### 4.2.2. Vygenerované animace prostorových montážních schémat

Pro ještě lepší představu o montované sestavě byly zpracovány animace postupně se skládající sestavy. Na Obr.27 je ukázka animace konkrétní sestavy. Z obrázků zachycující animaci je možno vidět jak se postupně díly skládají v sestavu. Trajektorie pohybu jsou zde znázorněny modrými čarami. Animace koresponduje se schématem návaznosti a popisuje zcela jednoznačně montáž sestavy. Konkrétněji je možné vidět jak na ukázce animace zadní těhlice se nejprve nalisuje ložisko, poté se přichytí pomocí šroubů brzdový kotouč, náboj zadního kola a třmeny brzdíčů. Animace ve formátu avi byly zpracovány ke všem devatenácti montážním sestavám a ucelují tak technologický postup, který vede k jednoznačnému sestavení celé Buggy 260.



Obr. 25 Ukázka animace postupu zadní těhlice



### 4.2.3. Stanovení pevnosti a utahovacího momentu šroubů

U utahovacích elementů s vyznačenou pevností se stanovil utahovací moment podle tabulky z ČSN EN ISO 898-7 [13] viz Tab. 7. U neoznačených elementů bylo nutné změřit tvrdost materiálu, poté je zařadit do pevnostní třídy a určit utahovací moment. Pro orientační stanovení tvrdosti se vybralo pět typových neoznačených šroubů, u kterých se provedlo měření tvrdosti dle Vickerse a podle výsledné střední hodnoty tvrdosti byla přiřazena dle Tab.6 pevnostní třída šroubů.

Měření tvrdosti bylo provedeno na polo-automatickém přístroji Leco LV700 při zatížení HV30 viz Obr. 26.



Obr. 26 Leco LV700

Tab. 6 Mechanické vlastnosti šroubů [14]

Mechanické vlastnosti ocelových šroubů											
Vlastnosti	Pevnostní třída	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	8.8		10.9	12.9
								≤ M 16	≥ M 16		
Pevnost v tahu	jmen.	300	400		500		600	800		1000	1200
Rm (N/mm <sup>2</sup> )	min.	330	400	420	500	520	600	800	830	1040	1220
Dolní mez kluzu	jmen.	180	240	320	300	400	480	-	-	-	-
ReL <sup>6)</sup> , MPa	min.	190	240	340	300	420	480	-	-	-	-
Smluvní mez kluzu	jmen.	-						640	640	900	1080
Rp0,2, Mpa	min.	-						640	660	940	1100
Pevnostní charakteristika	+100°C	-	-	-	270	-	-	590		875	1020
při zvýšených teplotách	+200°C	-	-	-	230	-	-	540		790	925
v N/mm <sup>2</sup>	+250°C	-	-	-	215	-	-	510		745	875
(ISO 898-1)	+300°C	-	-	-	195	-	-	480		705	825
Tažnost A v %	min.	25	22	14	20	10	8	12		9	8
Vickers HV F ≥ 98 N	HV min.-max.	95-250	120-250	130-250	155-250	160-250	190-250	250-320	255-335	320-380	385-435
Brinell BV F = 30 D <sup>2</sup>	HB min.-max.	90-238	114-238	124-238	147-238	152-238	181-238	238-304	242-318	304-361	366-414
Rockwell HR	HRB min.-max.	52-99,5	67-99,5	71-99,5	79-99,5	82-99,5	89-99,5	-	-	-	-
	HRC min.-max.	-	-	-	-	-	-	22-32	23-34	32-39	39-44

**Tab. 7** Hodnoty dovolených osových sil a utahovacích momentů [13]

$F_o$ = Osová síla [N]		$M_U$ = Utahovací moment [Nm]	
Pevnost	5.8	Klíč	
	$F_o$	MU	mm
M4	2400	1,8	7
M5	3950	3,8	8
M6	5600	6,3	10
M8	10300	16	13-14
M10	16400	31	16-17
M12	23900	54	18-19

**Tab. 8** Naměřené hodnoty zkušebních vzorků

	Měření	Hodnota [HV]	Střední hodnota [HV]
1. vzorek	č. 1	178,4	195
	č. 2	213,1	
	č. 3	192,6	
2. vzorek	č. 1	236,2	227
	č. 2	230,7	
	č. 3	215,3	
3. vzorek	č. 1	183,6	198
	č. 2	220,2	
	č. 3	190,8	
4. vzorek	č. 1	172,9	187
	č. 2	201,3	
	č. 3	186,6	
5. vzorek	č. 1	196,3	200
	č. 2	194,5	
	č. 3	210,1	

Výsledků měření je patrné, že měřené šrouby, podle naměřené tvrdosti, odpovídají pevnostní třídě 5.8 dle ČSN EN ISO 898-1. Přiřazení doporučeného utahovacího momentu na utahovaném elementu bylo provedeno na základě normy ČSN EN ISO 898-7 [13].



### 4.3. Prostředky nutné pro montáž

Pro ověření postupů bylo nutné provést pilotní montáž. Ta byla provedena v prostorách VŠB-TUO konkrétně v laboratoři J001. Laboratoř je vybavena prostorem potřebným pro montáž, skladem kapalin a hořlavin a veškerým potřebným nářadím a přípravky pro montáž Buggy 260.

Pro montáž bylo použito následující nářadí:

- sada očkoplochých klíčů DIN 3113,
- ráčna 1/2", 260 mm DIN 3122,
- sada nástrčných hlavic 1/2" DIN 3124,
- nástavec prodlužovací 1/2" 250 mm DIN 3123,
- sada zástrčných šestihranných klíčů DIN 911,
- sada kleští DIN 5746,
- kladivo umělohmotné s gumou DIN 4610,
- zámečnické kladivo DIN 1041,
- momentový klíč 1/2", 42–210 N.m DIN ISO 6789.



Obr. 27 Použitý momentový klíč [15]

Pro potřeby zvednutí a manipulaci s buggy při montáži bylo nutné použít zvedáky typu PROFIMASTER 3000, jedná se o mobilní zvedáky, běžně používané v autoservisech. Nosnost jednoho zvedáku je 1200 kg a výška zdvihu je 1000 mm. Ukázka zvedáku je na Obr.29.



Obr. 28 Zvedák PROFIMASTER 3000 [16]

K zajištění stability vozidla zdviženého zvedákem byly použity skládací podpěry o nosnosti 2000 kg. Jedná se o stacionární podpěry s pracovním rozsahem 290mm až 628 mm. Podpěry je možno vidět na Obr.30.



Obr. 29 Stacionární podpěry [17]

#### **4.4. Návrh technologického postupu montáže následujících skupin**

Dle zadání diplomové práce byl technologický postup montáže rozdělen do následujících skupin montáže a zprovoznění Buggy 260. Jedná se o montáž hnací skupiny, nápravy, řízení, interiéru, elektroinstalace a o kapitolu zabývající se zprovozněním a seřazením Buggy.

##### **4.4.1. Hnací skupiny, nápravy, řízení**

V první části hnacích skupin, montáže přední i zadní nápravy včetně řízení a hnacích skupin, budou na Buggy 260 namontovány hnací skupiny (motor s variátorem a převodovkou), brzdový systém, kompletní zadní náprava včetně hnacích poloos a odpružení, kompletní přední náprava včetně řízení a volantu. Jednotlivé montážní postupy ke konkrétním skupinám jsou uvedeny na montážních výkresech. Níže jsou uvedeny čísla konkrétních výkresů zařazených do skupiny, včetně názvu výkresu. Uvedené sestavy jsou umístěny v přílohách A-J.

S-01-00 Montáž motoru k rámu.

S-02-00 Montáž vzduchového boxu a výfuku.

S-03-00 Montáž zadní těhlice.

S-04-00 Montáž zadních ramen.

S-05-00 Montáž torzní tyče.

S-06-00 Montáž přední levé těhlice.

S-07-00 Montáž přední pravé těhlice.

S-08-00 Montáž předních těhlic.

S-09-00 Montáž tyče řízení.

S-10-00 Montáž volantu.

##### **4.4.2. Montáž interiéru**

Ve druhé části s názvem Montáž interiéru budou na Buggy 260 namontovány prvky z interiéru vozidla, jako jsou: pedály, ruční brzda, řadicí páka, sedačky, části elektroinstalace, bezpečnostní pásy, ochranné rámy, chladicí systém motoru, palivová nádrž, zavazadlový koš a povinná výbava k provozu na pozemních komunikacích jako je osvětlení, zrcátka apod. Níže jsou uvedeny čísla konkrétních výkresů zařazených do skupiny, včetně názvu výkresu. Uvedené sestavy jsou umístěny v přílohách K-S.

S-11-00 Montáž pedálů.

S-12-00 Montáž řadicí páky a ruční brzdy.

S-13-00 Montáž chladiče a ochranného rámu motoru.

S-14-00 Montáž elektro příslušenství.

S-15-00 Montáž světel.

S-16-00 Montáž palivové nádrže.

S-17-00 Montáž sedaček.

S-18-00 Montáž rámu.

S-19-00 Montáž blatníků, kol a zrcátek.

#### **4.4.3. Zprovoznění, seřízení, elektroinstalace**

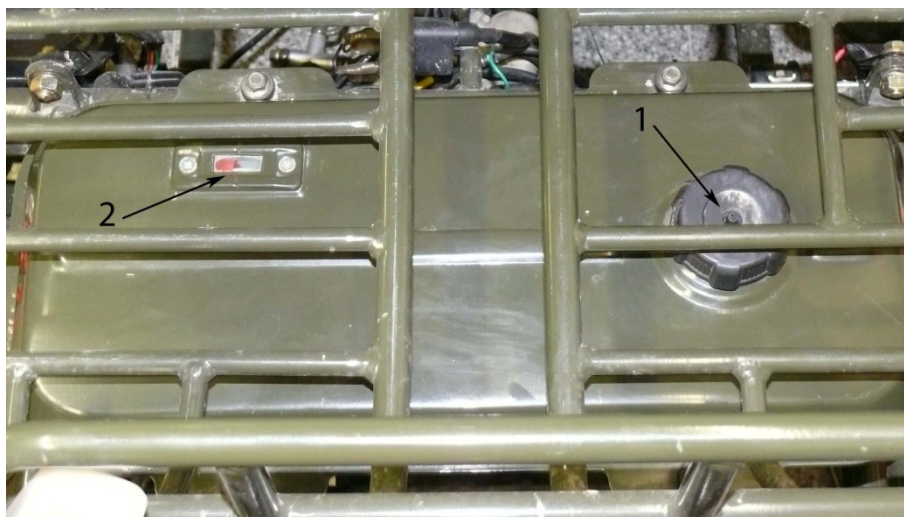
Následující část obsahuje úkony, které je nutné provést bezprostředně po montáži před užíváním Buggy 260. Kapitola uvedení do provozu je rozdělena na jednotlivé pasáže, které jsou rozděleny dle specifik nutných ke kontrole. Podkapitoly jsou zaměřeny na kontrolu palivového systému, motorového oleje, převodového oleje, chladicího systému, vzduchového filtru, brzdového systému, zapalovací svíčky, elektrického zapojení, pneumatik, doporučené údržby a umývání Buggy 260.

Podkapitoly byly zpracovány pomocí fotografické dokumentace z důvodu přehlednějšího zobrazení konkrétních dílů, jejich detailů a zapojení.

#### **Palivový systém**

Motor použitý v Buggy 260 je čtyřtákní benzínový motor o zdvihovém objemu 257 cm<sup>3</sup>. Jako palivo se u Buggy 260 používá benzín Natural 95. Není vhodné použít benzín o vyšším ani nižším oktanovém čísle.

Tankování benzínu se provádí, po odšroubování plastového víčka (Obr. 30-poz.1), do tankovacího hrdla umístěného přímo na nádrži o obsahu cca 9,5l. Indikace množství paliva je umístěna na vrchní straně nádrže. Plováчковý ukazatel (Obr. 30 - poz.2) znázorňuje obsah benzínu v nádrži od plně bílého zbarvení pro zcela prázdnou nádrž, až po plně červené zbarvení pro nádrž plnou.



Obr. 30 Palivová nádrž

Nutnou kontrolou, před uvedením Buggy 260 do provozu, je kontrola palivového filtru. Ten se nachází na palivové hadici pod nádrží (Obr. 31 - poz.3). Filtr musí být čistý bez viditelného zanesení a usazenin.



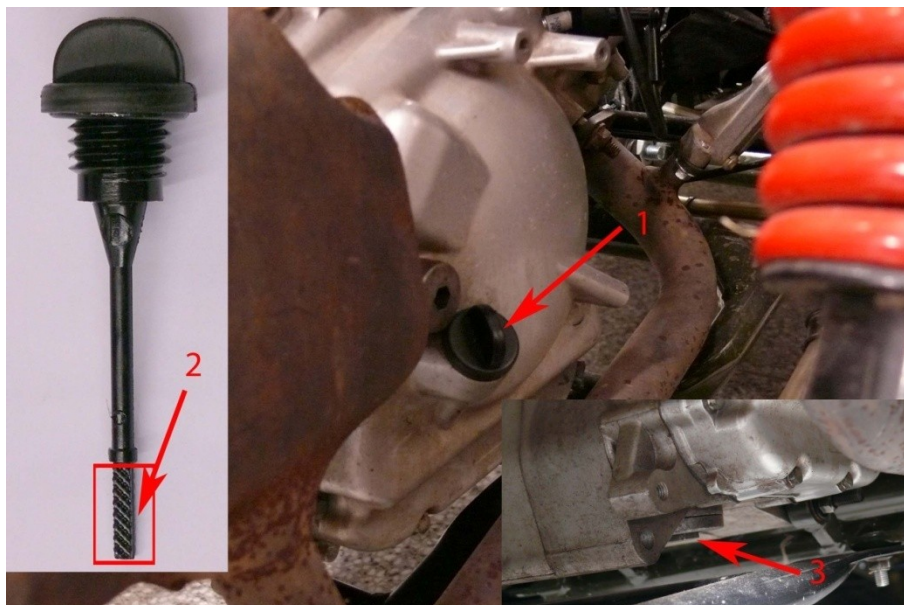
Obr. 31 Palivový filtr

## Motorový olej

Životnost a spolehlivost motoru velmi závisí na motorovém oleji. Ten musí být v motoru v dostatečném množství a požadované kvalitě a je nutno jej v pravidelných intervalech vyměňovat. Do Buggy 260 se používá plně syntetický olej o specifikaci 15W-50. Před každou jízdou se doporučuje kontrola hladiny oleje. Protisměru hodinovým ručiček odšroubujeme olejovou měrku (viz Obr. 32-poz.1). Zkontrolujeme hladinu oleje.



Ta by se měla nacházet ve vymezené oblasti kontrolní měrky (viz Obr. 32-poz.2), nejlépe uprostřed. Pokud je oleje málo, je nutno jej dolít přes otvor, ve kterém byla měrka zašroubována. Po kontrole, resp. dolití oleje, je potřeba kontrolní měrku zašroubovat zpět na původní místo.

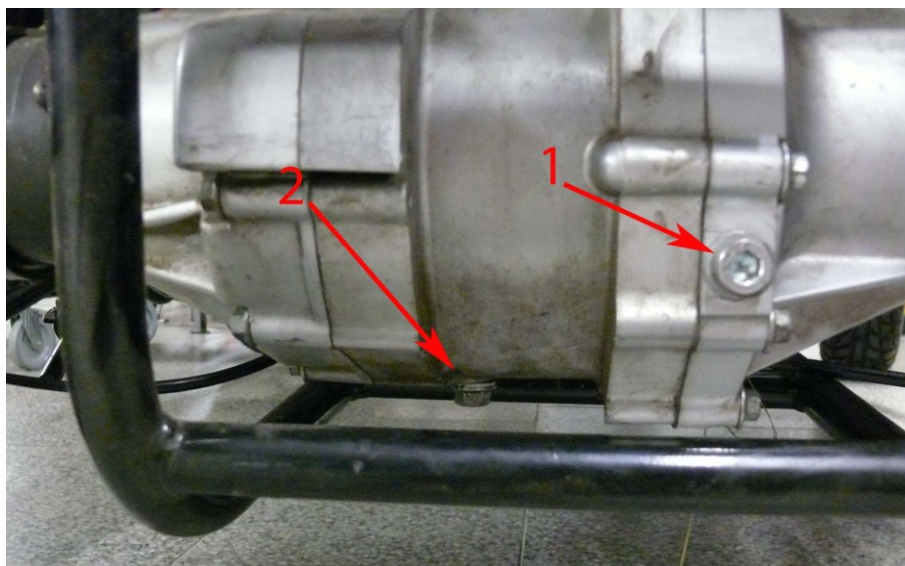


Obr. 32 Olejová měrka

První výměna motorového oleje se provádí po ujetí 500 km (10 motohodin), další výměny po ujetí 5000 km nebo 2 letech, podle toho co nastane dříve. Výměna se provádí, po vytažení šroubu (viz Obr. 32-poz.3), jeho vypuštěním. Následně nutno vrátit šroub zpět na své místo, utáhnout a doplnit olej jak je uvedeno výše. Obsah olejové nádrže je cca 1,8 l.

## Převodový olej

Jako u motorového oleje, který chrání motor, je potřeba mazáním chránit i převodové ústrojí. K tomu účelu se používá speciální převodový olej (nezaměňovat s motorovým olejem). U Buggy 260 se používá plně syntetický hypoidní převodový olej o specifikaci 75W-90 GL5. Objem převodového oleje je cca 1,5 l.



**Obr. 33 Plnění převodovky**

Plnění se provádí po odšroubování imbusového šroubu M10 (viz Obr. 33-poz.1). Do otvoru se pomalu vlévá předepsaný převodový olej tak dlouho, až začne vytékat přes tentýž otvor. Tím je převodovka optimálně naplněná. První výměna je po dobu záběhu, tedy cca 500 km (10 motohodin) další výměny po 2500 km nebo 1 roce, podle toho co nastane dříve. Výměna oleje se provádí vypuštěním, po vyjmutí šroubu (viz Obr. 33-poz.3). Pak šroub nutno vrátit zpět a doplnit olej tak, jak popsáno u doplňování.

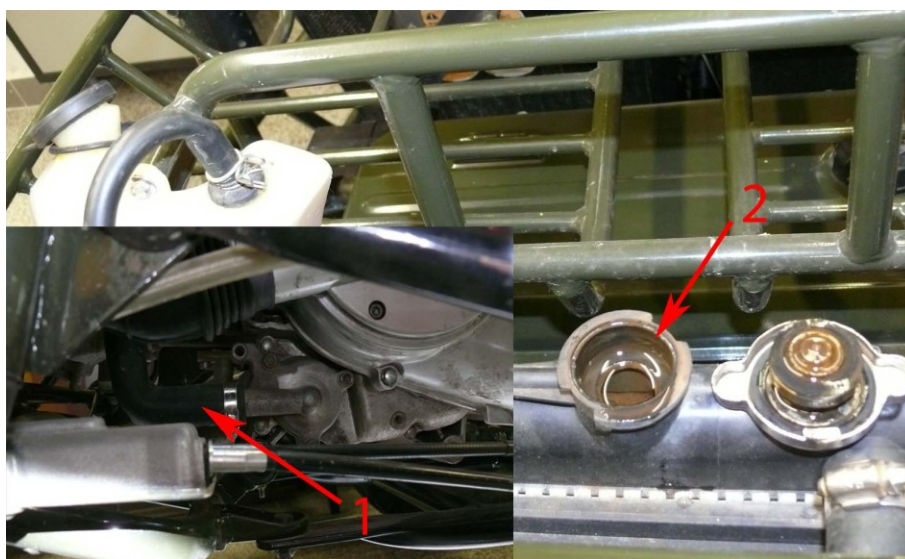
## **Chladicí systém**

U Buggy 260 je použit 4-taktní kapalinou chlazený motor. Je tedy zřejmé, že potřeba vytvořit vodní okruh. Je nutno provádět kontrolu pravidelně, neboť na dostatečném chlazení je závislý chod motoru. Chladicí kapalina nese označení G12 ředí se s destilovanou vodou v příslušném poměru (dle požadované teploty zamrznutí). Chladicí kapalinu kontrolujeme a doplňujeme do expanzní nádobky po sejmutí víčka (viz. Obr. 34-poz.1). Vždy musí být objem kapaliny v rozmezí mezi dvěma ryskami.



Obr. 34 Expanzní nádobka

Chladicí kapalinu je nutno co dva roky zcela vyměnit. To se provádí vypuštěním v nejnižším místě hladicího okruhu, tedy sejmutím gumové hadice (viz. Obr. 35-poz.1).



Obr. 35 Plnění a vypouštění chladicího systému

Plnění se provádí po sejmutí víčka přes nalévací otvor v chladiči (viz. Obr. 35-poz.2). Pozor- nikdy neotvírejte víčko, je-li chladicí kapalina zahřátá.

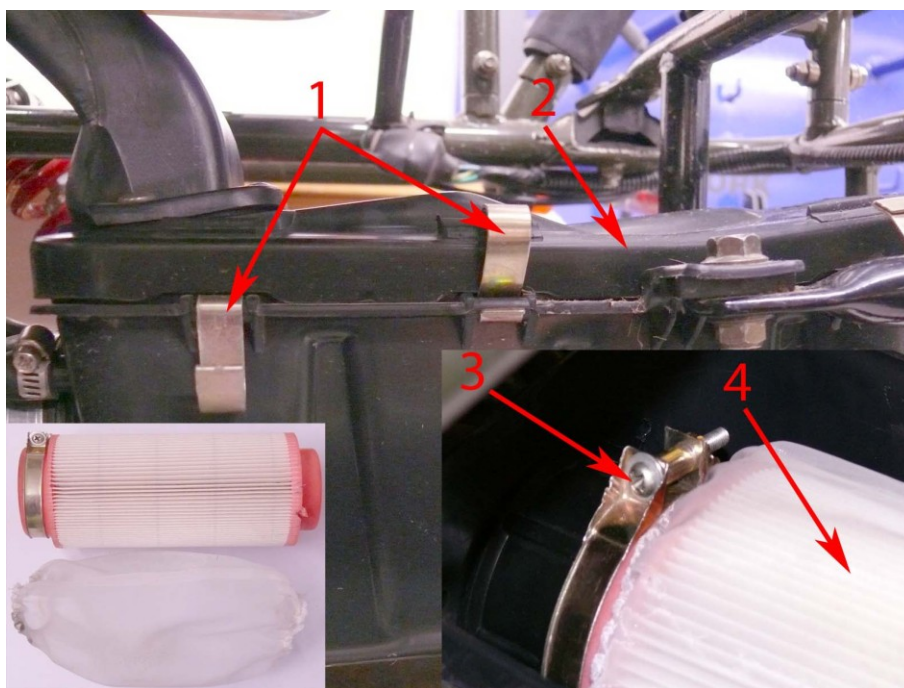


## Vzduchový filtr

Přívod vzduchu do motoru prochází přes vzduchový filtr. Je to z důvodu, aby se zamezilo vnikání nečistot do motoru, čímž by mohlo dojít k ucpání některých jeho částí.

Tím, že vzduchový filtr zachytává nečistoty z okolní atmosféry (prach, pyly, hrubší nečistoty, apod.) je zřejmé, že se bude po dobu své funkčnosti postupně zanášet. Tím se zvýší odpor v sacím potrubí, což má za následek snížení výkonu motoru a zvýšení spotřeby paliva. Proto se doporučuje vložku vzduchového filtru, u Buggy 260, minimálně 1x za 1000 km vyčistit a po 5000 km vyměnit. Pokud se jezdí v prašném nebo jinak znečištěném prostředí, interval výměny a čištění se zkracuje.

Čištění, případně výměna vložky vzduchového filtru se provádí sejmutím víka vzduchového filtru (Obr. 36-poz.2). To se provádí po oddělení 6 pojistných pérek (Obr. 36-poz.1). Následně pro uvolnění vzduchového filtru (Obr. 36-poz.4) povolíme hadicovou sponku (Obr. 36-poz.3).



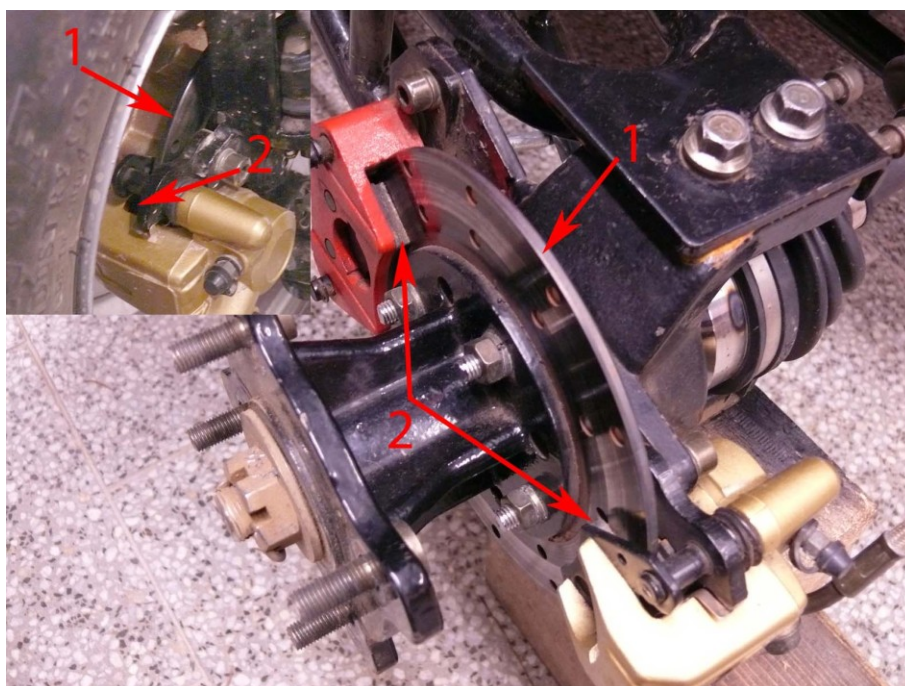
Obr. 36 Vzduchový filtr

Z vložky filtru je nutno sejmut silonový obal, který chrání vložku filtru před hrubými nečistotami. Silonový obal je možno opatrně vyprat ve vodě se saponátem, ale pak nutno jej dobře vymáchat a vysušit. S tlakovým vzduchem je možno opatrně vyfoukat z vložky vzduchového filtru usazené nečistoty. Pozor na velký proud vzduchu, který by mohl vložku filtru poničit. Je-li vložka již silně znečištěná, a není možné prach a nečistoty vyfoukat, pak je nutno vložku vyměnit. Postup montáže je opačný než při demontáži.

## Brzdový systém

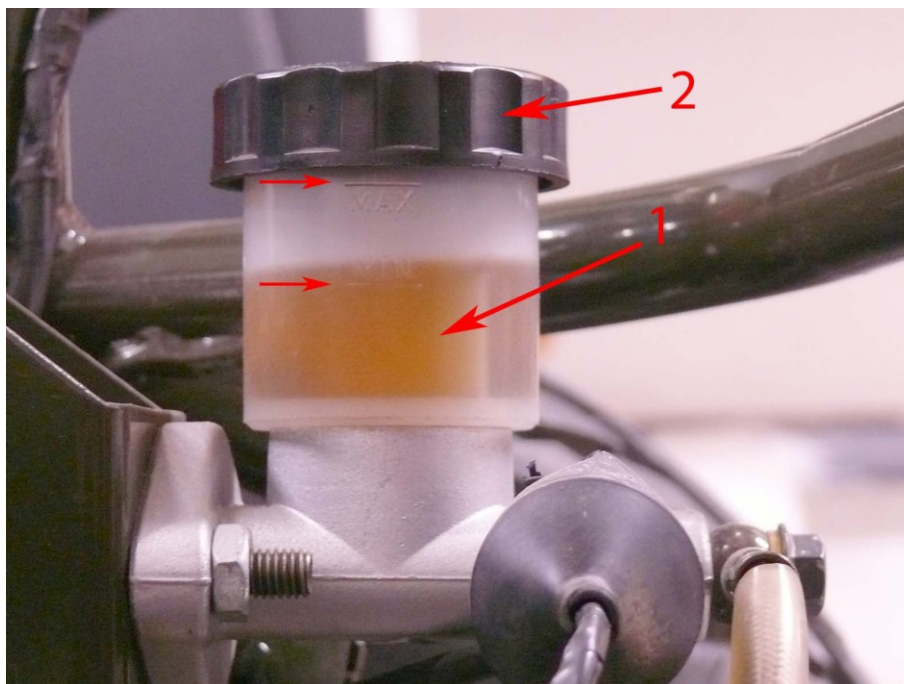
Plně funkční brzdová soustava je základním předpokladem bezpečného provozu. K tomu, aby vše správně fungovalo, je potřeba provádět údržbu i na brzdovém systému. Brzdový systém na Buggy 260 je hydraulický, používá se brzdová kapalina specifikace DOT 3 nebo DOT 4. Hlavními kontrolními body na brzdovém systému jsou:

- Stav a opotřebení brzdových kotoučů (Obr. 37-poz.1) a brzdových destiček (Obr. 37-poz.2) na zadní nápravě. Analogicky je potřeba provést kontrolu i na přední nápravě. Kontrolu provádíme vždy po 1000 km. Jsou-li díly nadměrně opotřebeny je potřeba je vyměnit



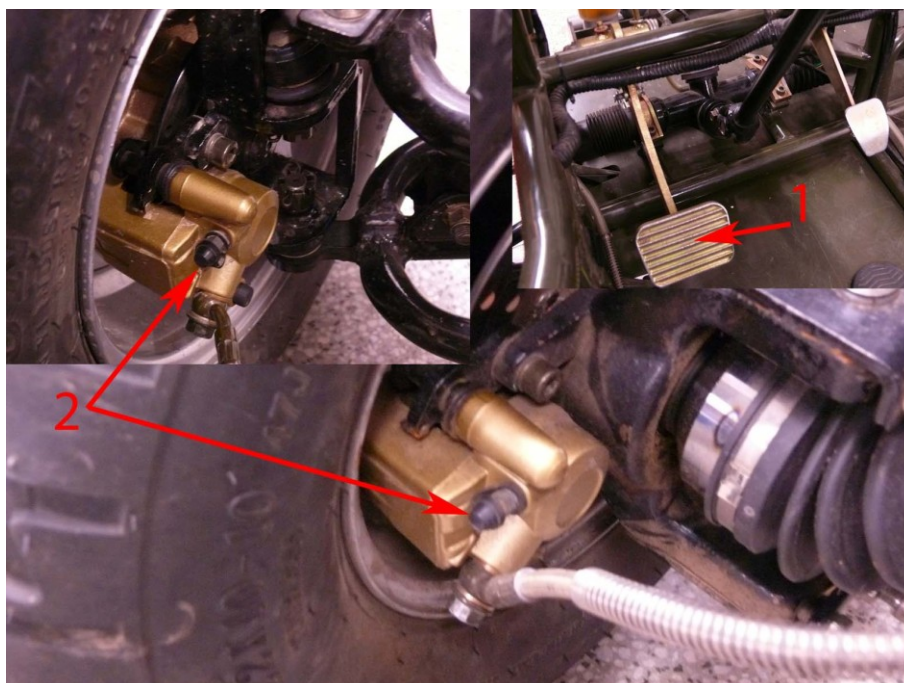
Obr. 37 Brzdový kotouč a brzdové destičky

- Množství a stáří brzdové kapaliny. Kapalinu doplňujeme do nádobky (Obr. 38-poz.1), po odšroubování víčka nádobky (Obr. 38-poz.2) mezi dvě rysky. Brzdovou kapalinu je potřeba v náležitých intervalech vyměňovat. Interval výměny udává výrobce kapaliny, obvykle to jsou 2 roky. S kontrolou množství kapaliny je nutno zkontrolovat i brzdové trubičky a hadičky, zda někde neuniká brzdová kapalina. V případě, že jsou brzdové rozvody někde poškozeny, ihned se poškozený díl vymění za nový. Je vyloučeno jezdit s poškozenými díly.



**Obr. 38 Brzdová nádobka**

- Odvzdušnění brzd. Při jakémkoli zásahu do hydraulického brzdného systému je potřeba provést odvzdušnění brzd. To se provádí i v případě, že lze brzdový pedál příliš lehce sešlápnout a klesá brzdný účinek.



**Obr. 39 Odvzdušňování brzd**

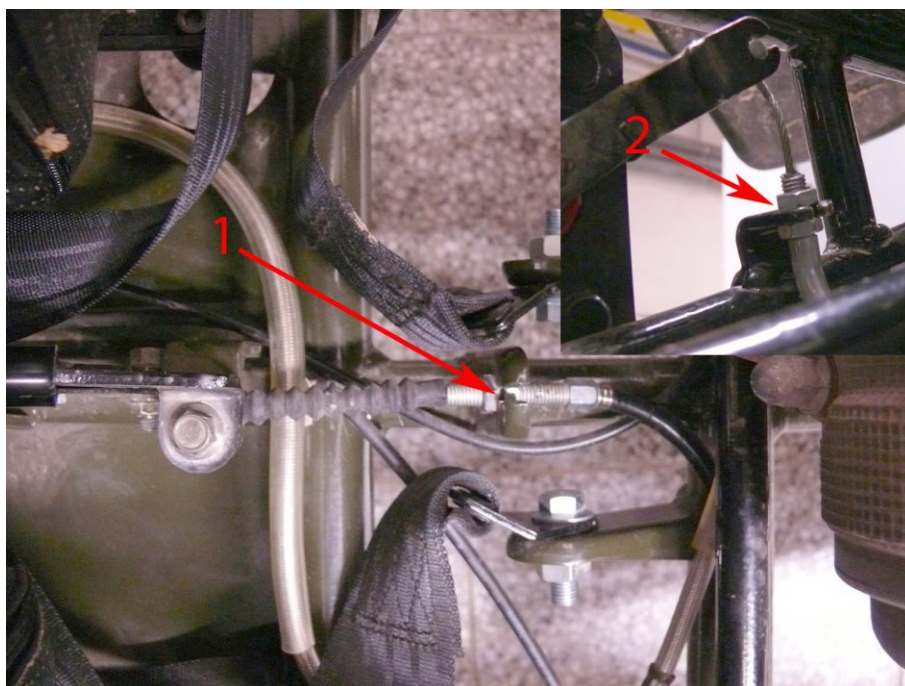
Odvzdušňování brzd se provádí vždy ve dvou lidech. Kdy jeden člověk mačkáním pedálu (Obr. 39-poz.1) natlakuje brzdový okruh, pak drží pedál sešláplý a druhý při



sešlápnutém brzdovém pedálu povolí odvzdušňovací šroub (Obr. 39-poz.2), na kterém, pro čistější práci, je nasazena hadička.

Po úniku vzduchových bublin, nebo směsi kapaliny se vzduchem do nádoby, se ihned odvzdušňovací šroub utáhne, a až pak je možno pustit brzdový pedál. Toto se opakuje, dokud z odvzdušňovacího šroubu nevytéká jen brzdová kapalina (bez vzduchu). Při odvzdušňování se začíná u předního levého kola, pak přední pravé, následuje levé zadní a končí se u pravého zadního. Doporučuje se celý proces pro kontrolu provést 2x.

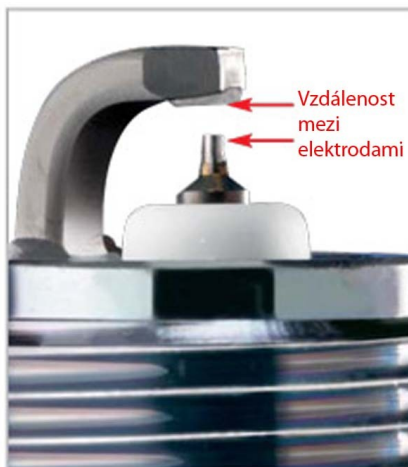
- Nastavení parkovací brzdy. Parkovací brzda (ruční brzda) se při opotřebení brzdových čelisti parkovací brzdy a natahování ocelových lanek, musí seřizovat. Seřízení se provádí stejně jako kontrola brzdového systému, tedy minimálně po každých ujetých 1000 km. Kontrola a seřízení parkovací brzdy se provádí jen na zadní nápravě, kde je brzda umístěna. Při seřizování se přizdvihne zadní náprava tak, aby byla zadní kola ve vzduchu. Nastavení se provádí pomocí stavěcího šroubu u páky ruční brzdy (Obr. 40-poz.1). Pro jemné doladění brzdného účinku na pravé a levé straně se používají stavěcí šrouby přímo u konkrétního kola (Obr. 40-poz.2).



Obr. 40 Stavěcí šrouby ruční brzdy

## Zapalovací svíčka

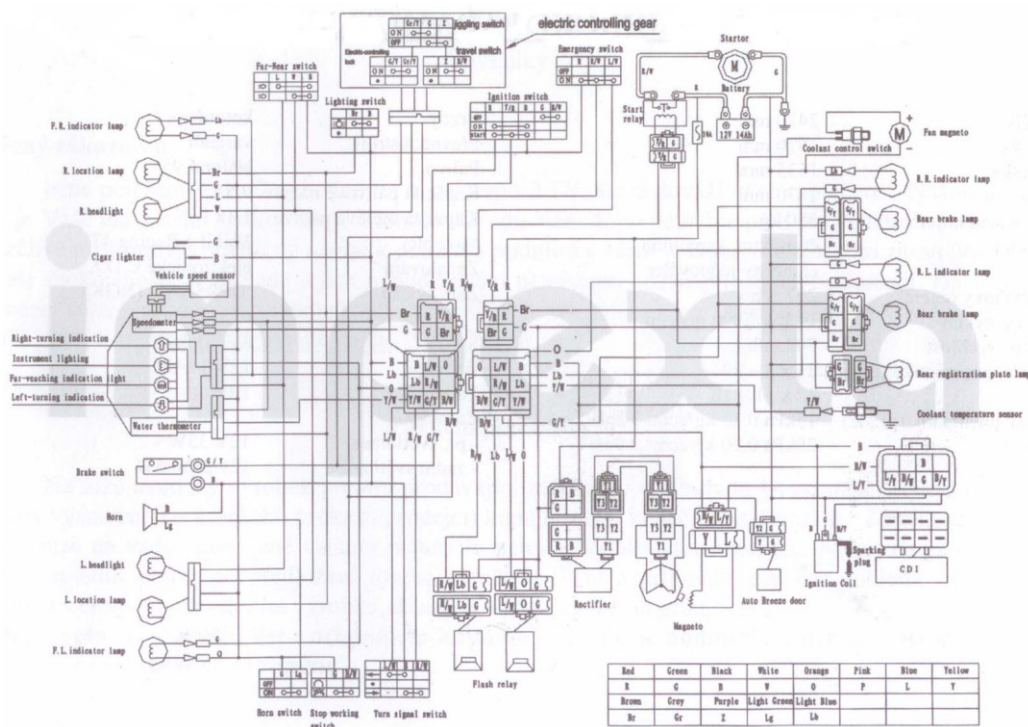
Pro správný chod motoru je důležité použít správnou zapalovací svíčku a to v dobrém stavu. Zapalovací svíčku je nutno kontrolovat minimálně každých 1000 km. Správné zabarvení svíčky, má mít světle hnědou barvu. Zapalovací svíčku při kontrole je nutno vymontovat, očistit a pomocí měrek nastavit vzdálenost mezi elektrodami na 0,8 – 0,9 mm (viz Obr. 41). Interval výměny svíčky za novou je minimálně každých 6000 km. Použitá zapalovací svíčka má být typu DPR5EA-9.



Obr. 41 Zapalovací svíčka

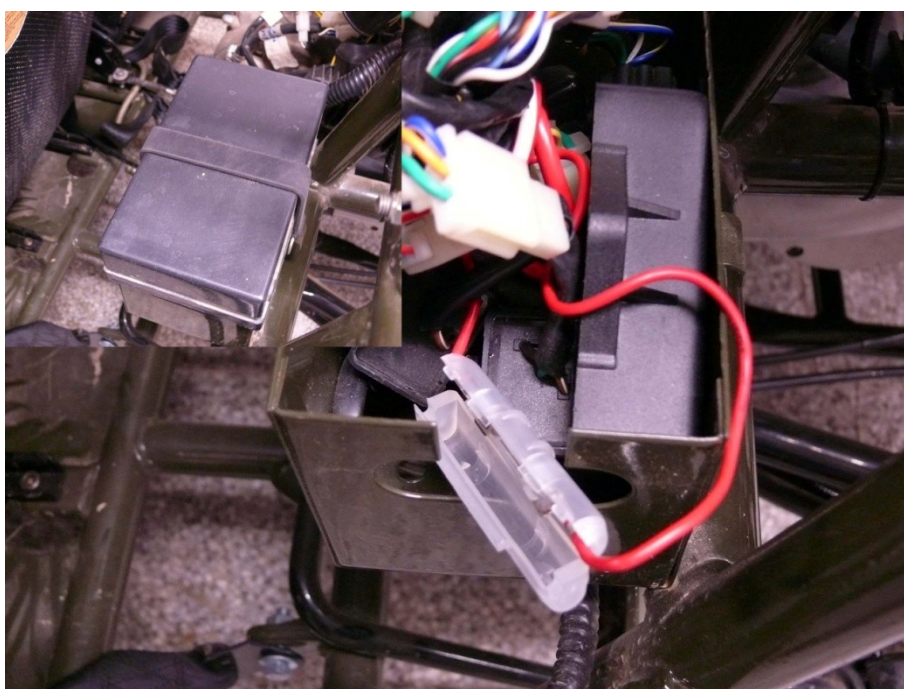
## Elektrické zapojení, pojistka, baterie

Elektroinstalace ve vozidle Buggy 260 je popsána na (Obr. 42). Popis obsahuje elektrické zapojení obslužné tak motorové části s označením barev použitých vodičů.



Obr. 42 Elektrické schéma [1]

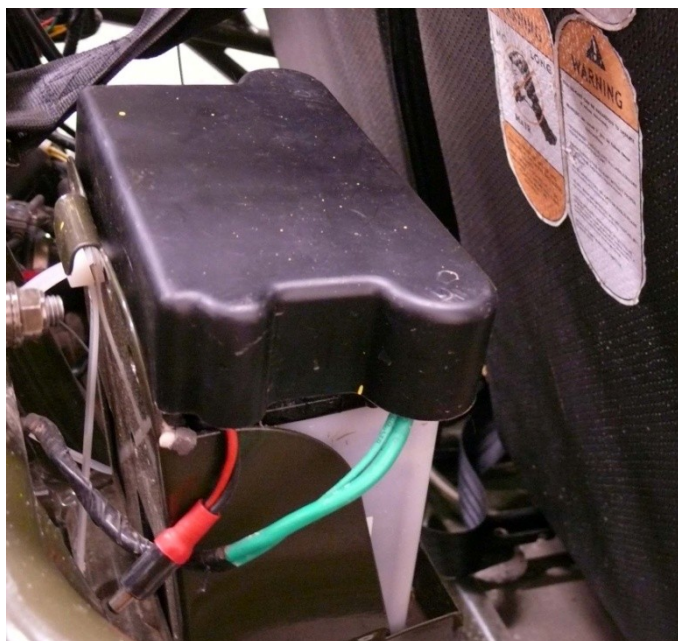
U běžných automobilů jsou elektrické spotřebiče jištěny přes pojistky. Nejinak je to u Buggy 260. Je zde však zásadní rozdíl, že je zde pouze jediná pojistka v elektrickém boxu. Pojistka má hodnotu 10 A. Elektrický box je umístěn za sedačkou řidiče. Obsahuje spojovací konektory, zapalovací elektroniku a trubičkou pojistku pojistkovém držáku. V případě poruchy na elektroinstalaci je nutno zkontrolovat pojistku. Je-li vadná, vyměnit ji za pojistku stejné nominální hodnoty. Jestliže, je vše v pořádku, je možno pokračovat v provozu. Pokud se pojistka ihned přepálí, je to signalizace vážnější závady a je potřeba najít závadu v elektroinstalaci a v takovém případě je zakázáno pokračovat v jízdě. Nikdy pojistku nenahrazujte silnější pojistkou.



Obr. 43 Elektrický box

Nedílnou součástí elektroinstalace je baterie. Ta umožňuje spuštění motoru a umožňuje osvětlení Buggy 260 bez nastartovaného motoru. Použitá originální baterie je 12V/14Ah. Je možno použít i s vyšší kapacitou (vždy však na napětí 12 V), avšak je nutno dbát na to, aby se vešla do bateriového boxu. Maximální rozměry baterie pak jsou 135 mm x 95 mm x 170 mm.





Obr. 44 Baterie

Pokud se baterie vybije, je potřeba ji nabít. K tomu může dojít např. při zapomenutí rozsvícených světel. Pokud se baterie vybijí při běžném provozu a je potřeba ji nabíjet, je špatná baterie nebo dobíjecí systém. Baterie se dobíjí s nabíječkou určenou na konkrétní typ baterie. Jinak není potřeba se o gelové baterie starat. U klasických olověných akumulátorů je potřeba kontrolovat hladinu elektrolytu a hustotu elektrolytu. V případě potřeby jej doplnit destilovanou vodou, nebo elektrolytem. Doporučuje se pro nabíjení používat moderní automaticky řízené nabíječky. Pozor při připojování akumulátoru na správnou polaritu.

## Pneumatiky

Dobrá stav a správné nahuštění pneumatik je základním předpokladem stabilní a bezpečné jízdy. Nízký tlak v pneumatikách způsobuje jejich rychlé opotřebení a má za následek nižší stabilitu v zatáčkách. Naopak velký tlak snižuje přilnavost a může tak dojít ke smyku.

Pneumatiky se hustí na předepsaný tlak, který udává výrobce pneumatiky. Pro použité pneumatiky na Buggy 260 je to 1,5 bar. Maximální tlak je 2,3 baru. Vhodné je mít všechny pneumatiky nahuštěné na stejný tlak. Tlak v pneumatikách se kontroluje vždy ve studeném stavu. V případě opotřebení pneumatiky na hloubku vzorku na předních kolech 1,6 mm je potřeba pneumatiku vyměnit. Pro zadní mezní rozměr vzorku 2 mm.

## **Doporučená údržba**

Výše jsou popsány konkrétní nejčastější servisní úkony. Je nezbytné, se zabývat ostatními částmi čtyřkolky. Pravidelná kontrola a údržba celé čtyřkolky je nezbytnou součástí řádného a bezporuchového chodu stroje. Je doporučeno před každou jízdou kontrolovat již zmíněný brzdový systém, pneumatiky a zkontrolujte rovněž dotažení kol. Dále pak je nutno kontrolovat motor, jak hladiny olejů, tak i poslouchat chod motoru a odhalit tak zavčasu poruchy, způsobující nepravidelný chod. Dále je potřeba kontrolovat dotažení spojovacích prvků rámu a nosných prvků jako jsou ramena, tlumiče, čepy, řízení, apod. Důležité, je před jízdou zkontrolovat elektrický systém, jako jsou světla, směrová světla, koncová světla atd.

## **Umývání Buggy 260**

Buggy je nutno před umýváním nechat vychladnout. Nečistoty je možno očistit proudem vody, avšak je nutno dávat pozor na vniknutí vody do vzduchového filtru, elektrických komponentů včetně baterie, karburátoru, palivové nádrže a brzdového systému. Při velkém znečištění je možno buggy omýt vodou s čisticím prostředkem nebo saponátem pro mytí automobilů. Aby nedošlo k poškození laku nebo plastových dílů se používá k omývání měkká textilie nebo houba. Po umytí je doporučeno zbytky vody vyfoukat stlačeným vzduchem a díly ošetřit vhodnými konzervačními prostředky a ochrannými prostředky.



## 5. Provedení pilotní montáže dle navrženého technologického postupu

Pro ověření technologického postupu montáže byla provedena pilotní montáž, pro kontrolu návaznosti jednotlivých montážních sestav a celkové správnosti technologického postupu. Pilotní montáž jsem provedl ještě před zařazením postupu do výukových kurzů technologie montáže.

Výukové kurzy technologie montáže jsou součástí praktického cvičení předmětu technologie montáže oboru Materiály a technologie pro automobilový průmysl. Při implementaci technologického postupu do výuky byli přítomni odborníci z praxe, jako odborný dohled. Studenti pod mým vedením, za asistence odborníků z praxe a cvičícího, provedli kompletní montáž a zprovoznění dvou vozidel typu Buggy 260.

Níže je uvedena fotodokumentace z průběhu výukových kurzů. Studenti měli k dispozici při montáži část diplomové práce a soubor montážních výkresů, které jsou umístěny v příloze diplomové práce. Jedná se o přílohy A-S.



Obr. 45 Diskuze k montáži přední těhlice





Obr. 46 Řešení montáže s odborníkem z praxe



Obr. 47 Diskuze k postupu montáže se studenty





**Obr. 48** Kontrola smontovaných dílů



**Obr. 49** Uvedení následujícího postupu

## 6. Závěr

Výstupem diplomové práce je shrnutí základních poznatků z oblasti teorie ruční montáže. Dále byl vytvořen detailní popis tvorby technologického postupu montáže Buggy 260, včetně kapitol věnující se popisu a stanovení utahovacího momentu utahovaných elementů. Další kapitola se věnuje problematice 3D skenování rámu, následné úpravy a převodu dat do jednotného softwaru (Autodesk Inventor Professional 2010). Vytvořený technologický postup je rozčleněn na devatenáct montážních výkresů.

Výkresy obsahují 3D model montované sestavy, rozložený 3D model sestavy s pozicemi, které korespondují s pozicemi ve schématu návaznosti a také s pozicemi v kusovníku, který je součástí rohového razítka výkresu. Na montážní výkresy přímo navazuje kapitola zprovoznění, seřízení a elektroinstalace, ve které jsou detailně popsány úkony, které je nutné provést bezprostředně po montáži před užíváním Buggy.

Pro ještě lepší představu o montované sestavě byly zpracovány animace postupně se skládající sestavy. Animace korespondují s montážními výkresy a zlepšují představu o postupu montáže sestavy. Animace byly zpracovány ke všem devatenácti montážním sestavám a ucelují tak technologický postup, který vede k jednoznačnému sestavení celé Buggy 260.

Postupy montáže byly ověřeny pilotní montáží v podmínkách ústavu progresivních technologií pro automobilový průmysl, tak aby byla ověřena jejich správnost a souslednost vedoucí k sestavení plně funkční buggy. Po pilotní montáži byl technologický postup zařazen do výukových kurzů technologie montáže, ve kterých studenti postavili a zprovoznili za účasti odborníků z praxe dvě vozidla typu Buggy 260.

Model vytvořený pro zpracování diplomové práce byl dále využit pro vývoj softwaru pro měření vibrací a jízdního komfortu na vozidle Buggy 260. 3D model byl dále využit v rámci předmětu technologie montáže, kde si studenti z daného modelu a jeho částí mohou vytvářet vlastní technologické postupy.

Budoucím možným rozšířením diplomové práce je možnost implementace již vytvořeného modelu Buggy včetně animací do 3D projekčního studia pro ověření technologie montáže, ještě před samotnou montáží.

Výsledků bylo dosaženo díky finanční podpoře z projektu CZ.1.07/2.2.00/07.0060 MŠMT OPVK 2.2 „Inovace studijních programů výukovými kurzy na experimentálním vozidle“.

## 7. Použitá literatura

- [1] IMPEXTA : Záruční a servisní knížka. [s.l.] : [s.n.], 2009. 37 s.
- [2] HOFMANN, P. Technologie montáže. Plzeň: ZČU Plzeň, 1997. 90s. ISBN 80-7082 – 382 – 8
- [3] SPUR, G.: Handbuch der Fertigungstechnik, Band 5, Fügen, Handhaben und Montieren. München, Wien, Carl Hanser Verlag 1986. ISBN 3-446-12536-1.
- [4] LOTTER, B. SCHILLING, W.: Manuelle Montage. Düsseldorf, VDI Verlag 1994. ISBN 3-18-401244-1
- [5] POKORNÝ, P. DUŠÁK, K.: Teorie obrábění a montáže - část II, Teorie montáže. Liberec, VŠST 1986. DK 621.757.001 (075.8)
- [6] TZB info [online]. [2011] [cit. 2011-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/62-doporucene-intenzity-osvetleni-a-odpovidajici-produkce-tepla-pro-ruzna-pracoviste>>
- [7] MCAE [online]. [2011] [cit. 2011-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.mcae.cz/tritop>>
- [8] MCAE [online]. [2011] [cit. 2011-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.mcae.cz/atos>>
- [9] DYTRON [online]. [2011] [cit. 2011-04-22]. Dostupný z WWW: <<http://www.dytron.cz/catia-popis/catia-v5.aspx>>
- [10] ADEON [online]. [2011] [cit. 2011-04-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.adeon.cz/reseni/strojirenstvi/101-strojirenske-navrhove-systemy/139-autocad-inventor-suite>>
- [11] TOMČÍK, Petr et al. Ověřená technologie stavby automobilu Kaipan 57. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 146 s. ISBN 978-80-248-1745-3.
- [12] JANÁČ, A. Technológia obrábania, montáže a základy strojárskkej metrológie : Návod na cvičenia. Bratislava: STU v Bratislavě, 1994. 316 s. ISBN 80-227-0698-1.
- [13] ČSN ISO 898-7 (021005) Spojovací součásti. Mechanické vlastnosti spojovacích součástí. Praha: Český normalizační institut, 1994, 8s.
- [14] K2L [online]. [2011] [cit. 2011-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.k2l.cz/cz/technicke-informace/technicke-informace-2/mechanicke-vlastnosti-ocelovych-sroubu>>.
- [15] Auto Broz [online]. [2011] [cit. 2011-05-06]. Dostupný z WWW: [http://www.autobroz.cz/product\\_info.php/cPath/79/products\\_id/525](http://www.autobroz.cz/product_info.php/cPath/79/products_id/525)
- [16] Autotech [online]. 2011 [cit. 2009-05-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.autotech-chotebor.cz/cs/profimaster-3000>>.
- [17] Autokelly [online]. [2011] [cit. 2011-05-9]. Dostupný z WWW: <<http://www.autokelly.cz/#CT=5|PCT=11|CUR=0|FT=DOCF12466|PGS=20|PT=0|PDID=4091475|PDPID=4091523|PVT=1|SHT=0|SD=0|ST=0|LNG=0>>.

## 8. Seznam obrázků

Obr. 1 Buggy 260.....	6
Obr. 2 Rozměrové schéma Buggy 260 .....	7
Obr. 3 Schéma rozdělení montážních činností [2].....	9
Obr. 4 Struktura montážních činností [3] .....	11
Obr. 5 Rozdělení montážních pracovišť [3].....	13
Obr. 6 Rozdělení proudové montáže [4].....	14
Obr. 7 Manipulační prostor pracovníka [5] .....	15
Obr. 8 Ergonomie montážního pracoviště [4].....	16
Obr. 9 Zácvek pracovníků pomocí metody REFA [3] .....	20
Obr. 10 Ukázka montážního výkresu.....	21
Obr. 11 Připravený rám včetně pozičních značek a křížů .....	22
Obr. 12 Zařízení TRITOP včetně skenovaného rámu .....	23
Obr. 13 Kompletní sestava ATOS [8].....	24
Obr. 14 Schéma transportu dat ze skenovacího zařízení do modeláře AIP2010 .....	25
Obr. 15 Převedený mrak bodu v plochy .....	26
Obr. 16 Převod plochy v objem v prostředí CatiaV5R10 .....	26
Obr. 17 Převedený model rámu v objem v prostředí AIP 2010.....	27
Obr. 18 Model sedadla v prostředí modeláře dílů AIP2010 .....	28
Obr. 19 Ukázka modelu Buggy 260 v prostředí sestavy AIP 2010 .....	29
Obr. 20 Model rozložené sestavy v prostředí prezentace AIP2010.....	29
Obr. 21 Výkres montážní sestavy v prostředí tvorby výkresů AIP2010 .....	30
Obr. 22 Ukázka kusovníku sestavy zadní těhlice .....	31
Obr. 23 Ukázka 3D pohledu sestavy zadní těhlice v rozloženém a kompletním stavu ..	32
Obr. 24 Ukázka schéma návaznosti sestavy zadní těhlice.....	33
Obr. 25 Ukázka animace postupu zadní těhlice.....	34
Obr. 26 Leco LV700 .....	35
Obr. 27 Použitý momentový klíč [15] .....	37
Obr. 28 Zvedák PROFIMASTER 3000 [16] .....	38
Obr. 29 Stacionární podpěry [17] .....	38
Obr. 30 Palivová nádrž .....	41
Obr. 31 Palivový filtr .....	41
Obr. 32 Olejová měrka.....	42
Obr. 33 Plnění převodovky .....	43
Obr. 34 Expanzní nádobka.....	44
Obr. 35 Plnění a vypouštění chladicího systému .....	44
Obr. 36 Vzduchový filtr.....	45
Obr. 37 Brzdový kotouč a brzdové destičky.....	46
Obr. 38 Brzdová nádobka .....	47
Obr. 39 Odvzdušňování brzd .....	47
Obr. 40 Stavěcí šrouby ruční brzdy .....	48
Obr. 41 Zapalovací svíčka .....	49
Obr. 42 Elektrické schéma [1] .....	49
Obr. 43 Elektrický box.....	50
Obr. 44 Baterie.....	51
Obr. 45 Diskuze k montáži přední těhlice .....	53
Obr. 46 Řešení montáže s odborníkem z praxe .....	54
Obr. 47 Diskuze k postupu montáže se studenty .....	54
Obr. 48 Kontrola smontovaných dílů.....	55
Obr. 49 Uvedení následujícího postupu.....	55

## 9. Seznam tabulek

Tab. 1 Technické parametry Buggy 260 [1] .....	8
Tab. 2 Struktura montážních činností[3] .....	11
Tab. 3 Optimalizace montážní činnosti [3].....	12
Tab. 4 Poloha pracovníka při montáži [5] .....	17
Tab. 5 Intenzita osvětlení pracoviště [6].....	18
Tab. 6 Mechanické vlastnosti šroubů [14].....	35
Tab. 7 Hodnoty dovolených osových sil a utahovacích momentů [13].....	36
Tab. 8 Naměřené hodnoty zkušebních vzorků.....	36



## 10. Seznam příloh

Příloha A: S-01-00 Montáž motoru k rámu.

Příloha B: S-02-00 Montáž vzduchového boxu a výfuku.

Příloha C: S-03-00 Montáž zadní těhlice.

Příloha D: S-04-00 Montáž zadních ramen.

Příloha E: S-05-00 Montáž torzní tyče.

Příloha F: S-06-00 Montáž přední levé těhlice.

Příloha G: S-07-00 Montáž přední pravé těhlice.

Příloha H: S-08-00 Montáž předních těhlic.

Příloha I: S-09-00 Montáž tyče řízení.

Příloha J: S-10-00 Montáž volantů.

Příloha K: S-11-00 Montáž pedálů.

Příloha L: S-12-00 Montáž řadicí páky a ruční brzdy.

Příloha M: S-13-00 Montáž chladiče a ochranného rámu motoru.

Příloha N: S-14-00 Montáž elektro příslušenství.

Příloha O: S-15-00 Montáž světel.

Příloha P: S-16-00 Montáž palivové nádrže.

Příloha Q: S-17-00 Montáž sedaček.

Příloha R: S-18-00 Montáž rámu.

Příloha S: S-19-00 Montáž blatníků, kol a zrcátek.